

● 中等职业技术学校规划教材



CNC Programming and Training Guide Car

数控车编程与实训教程

林秀朋 李健龙◎主编



- 以国家相关职业标准为依据
- 从生产实际出发，合理安排教材的知识
- 引入新技术、新工艺内容，反映行业的新标准



本书配有电子教学参考资料包

中等职业技术学校规划教材

数控车编程与实训教程

主 编 林秀朋 李健龙

副主编 卓健燕 周宝誉 房晓嘉 蒋文有

闭祖勤 黄宏班 陆婉线

参 编 吴 强 李为祥 零梅勇 钟 珊

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是中等职业技术学校规划教材之一。全书主要包括 4 个部分的内容：数控车削加工技术基础、数控车削编程与基本操作、数控车削加工技术实训和数控车削综合实训。

在本书的编写过程中，编者按照当前中等职业教育的大纲要求，根据当前职业教育教学改革和教材建设的总体目标，努力体现教学内容的先进性和前瞻性，注重实际应用，而不拘泥于传统的理论研究。本书可作为中等职业教育数控技术应用专业教材，也可供其他相关专业（如模具技术应用等专业）学生及工程技术人员使用。

图书在版编目（CIP）数据

数控车编程与实训教程 / 林秀朋，李健龙主编. —北京：
电子工业出版社，2010. 8

中等职业技术学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 121 - 10854 - 9

I. ①数… II. ①林… ②李… III. ①数控机床：车床 - 程序设计 - 专业学校 - 教材 ②数控机床：车床 - 操作 - 专业学校 - 教材 IV. ①TG519. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 084927 号

策划编辑：白 楠

责任编辑：白 楠 特约编辑：王 纲

印 刷：

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：14.5 字数：371.2 千字

印 次：2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数：3000 册 定价：24.90 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88254888。

前 言

目前,职业学校数控机床操作培训教材适应面较窄,数控机床操作工又严重短缺。针对这一现状,在调查研究的基础上,同时根据职业学校的实训条件,编者总结了几年来职业技术教育课程改革的经验,编写了本书,力求突出职业教育的特色,紧密联系生产实际。

本书围绕数控车床的工艺、编程与操作等核心内容,以数控车削加工的应知、应会内容为主线,全面、系统地介绍了数控车削的基本知识、数控车床的常用系统、数控车床加工工艺及编程技术、数控车床的操作技巧等。本书注重基本理论、基本知识和操作技能的讲授,同时又立足于应用。书中安排有大量实例,多数来自生产实际和教学实践,并配有思考题,内容通俗易懂,方便教学,具有广泛的实用性。

本书可作为中等职业学校数控技术应用专业教材,也可供其他相关专业(如模具技术应用等专业)学生及工程技术人员使用。

本书由林秀朋、李健龙担任主编,由卓健燕、周宝誉、房晓嘉、闭祖勤、黄宏班、陆婉线、蒋文有担任副主编,参加编写的还有吴强、李为祥、零梅勇、钟珊。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中疏漏和错误之处在所难免,敬请广大读者提出宝贵意见。

为了方便老师教学,本书还配有电子教学参考资料包(电子版),请有此需要的老师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后进行下载,如有问题,请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编者

2010年6月

目 录

第 1 章 数控车削加工技术基础	1
1.1 数控车床概述	1
1.2 数控车削编程基础	5
1.3 数控车削加工工艺基础	10
第 2 章 数控车削编程及基本操作	23
2.1 GSK980T 数控系统	23
2.2 华中(HNC—21/22T)数控系统	50
2.3 FANUC 0i Mate-TC 数控系统	79
第 3 章 数控车削加工技术实训	91
项目 1 数控机床的基本操作	91
项目 2 台阶轴的加工	98
项目 3 沟槽的加工	107
项目 4 三角形螺纹的加工	113
项目 5 特形面的加工	123
项目 6 孔的加工	132
第 4 章 数控车削综合实训	141
4.1 项目实例	141
4.2 项目考核	189
4.3 项目练习	199
第 5 章 数控车工技能竞赛操作试题选集	207
附 录	219
附录 1 数控车床安全操作规程	219
附录 2 数控车床中级操作工国家职业技能鉴定标准	220
附录 3 数控车削切削用量选择参考	224
附录 4 数学处理常用计算公式	225
附录 5 常见二次曲线	226

第 1 章

数控车削加工技术基础

【本章导读】

数控车削加工是机械加工中最主要的 23 数控加工方法之一，本章以数控车床的编程、加工工艺等核心内容为主线，介绍数控车床和数控系统的种类、编程技术、车削加工的工艺基础知识。本章以理论学习为主，在内容的组织上，突出了实用性，便于读者学习掌握，为以后的数控车床编程打下良好的基础。

【学习目标】

- 了解数控车床及数控系统的种类和特点。
- 了解数控车床编程的基础知识。
- 掌握数控车削加工工艺的主要内容。

【教学目标】

- 知识目标：了解数控编程的基本概念，理解数控车削加工工艺的内涵及应用。
- 能力目标：通过理论知识的学习和应用，培养综合运用能力。

【教学重点】

数控车削加工工艺的主要内容。

【教学难点】

数控车削加工工艺的应用。

【教学方法】

读书指导法、分析法、类比法和归纳法。

1.1 数控车床概述

数控机床是集机械、电气、液压、气动、微电子和信息等多项技术为一体的机电一体化产品，具有高精度、高效率、高自动化和高柔性化等优点。数控车床是数控机床的主要品种之一，它在数控机床中占有非常重要的位置，几十年来一直受到世界各国的普遍重视并得到了迅速的发展。数控车床是目前国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床，约占数控机床总数的 25%。数控车床是一种高精度、高效率的自动化机床，可加工直线圆柱、斜线圆柱、圆弧和各种螺纹，主要用于加工轴类、盘类等回转体零件。它具有直线插补、圆弧插补等各种补偿功能，在复杂零件的批量生产中具有良好的经济效应。



1.1.1 数控车床的组成

数控车床由车床主机、数控系数、驱动系统和辅助装置组成。

车床主机即数控车床的机械部件，主要包括床身、主轴箱、刀架、尾座、进给传动机构等。

数控系统即控制系统，是数控车床的控制核心，其中包括 CPU、存储器、CRT 等部分。

驱动系统即伺服系统，是数控车床切削工作的动力部分，主要实现主运动和进给运动。

辅助装置是为加工服务的配套部分，如液压、气动装置，以及冷却、照明、润滑、防护和排屑装置。

1.1.2 数控车床的主要用途

数控车床主要用于切削加工轴类或盘类零件的内外圆柱面、任意角度的内外圆锥面、复杂回转内外曲面和圆柱、圆锥螺纹等，并能切槽、钻孔、扩孔、铰孔及镗孔等，特别适合加工形状复杂的零件或器具，如图 1-1 所示。



图 1-1 形状复杂的零件或器具

1.1.3 数控车床的分类

数控车床品种、规格繁多，按照不同的分类标准，有不同的分类方法。

1. 按主轴布置形式分

(1) 卧式数控车床

卧式数控车床是最为常用的数控车床，其主轴处于水平位置。

(2) 立式数控车床

立式数控车床主轴处于垂直位置。立式数控车床主要用于加工径向尺寸大，轴向尺寸相对较小，且形状较复杂的大型或重型零件，适用于通用机械、冶金、军工、铁路等行业的直径较大的车轮、法兰盘、大型电机座、箱体等回转体的粗、精车削加工。

2. 按可控轴数分

(1) 两轴控制

当前大多数数控车床采用两轴联动，即 X 轴和 Z 轴，如图 1-2 (a) 所示。

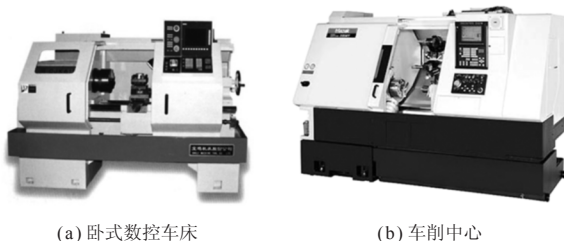


图 1-2 卧式数控车床及车削中心



(2) 多轴控制

档次较高的数控车削中心都配备了动力铣头，还有些配备了 Y 轴，使机床不但可以进行车削，还可以进行铣削加工。

3. 按数控系统的功能分

(1) 经济型数控车床

经济型数控车床一般采用开环控制，具有 CRT 显示、程序储存、程序编辑等功能，加工精度不高，主要用于加工精度要求不高、有一定复杂性的零件。

(2) 全功能数控车床

全功能数控车床是较高档次的数控车床，具有刀尖圆弧半径自动补偿、恒线速、倒角、固定循环、螺纹切削、图形显示、用户宏程序等功能，加工能力强，适宜加工精度高、形状复杂、工序多、循环周期长、品种多变的单件或中小批量零件。

(3) 车削中心

车削中心（如图 1-2（b）所示）的主体是数控车床，配有动力刀座或机械手，可实现车、铣复合加工（如图 1-3 所示），如高效率车削、铣削凸轮槽和螺旋槽等。

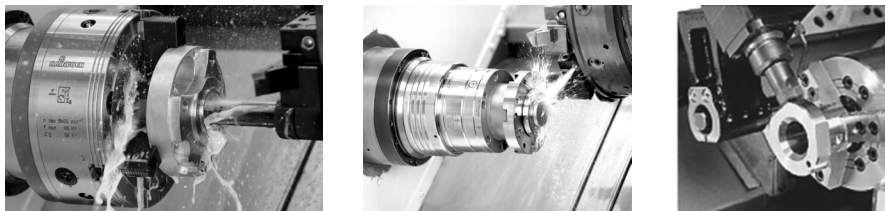


图 1-3 车削中心的复合加工

1.1.4 数控系统的种类与特点

计算机数控系统（CNC）采用通用计算机元件与结构，并配备必要的输入/输出部件构成。它采用控制软件来实现加工程序存储、译码、插补运算、辅助动作逻辑联锁及其他复杂功能。

1. 数控系统的种类

世界上较著名的数控系统生产厂家主要有日本的 FANUC、三菱，德国的 SIEMENS，西班牙的 FAGOR。日本 FANUC 公司是世界上最大的专业生产数控装置和机器人的著名厂商，该公司技术领先，实力雄厚。FANUC 数控系统具有高质量、低成本、高性能的特点，适用于各种机床和生产机械，在我国数控系统中的占有率为第一，我国主要有 0 系列和 Oi 系列。SIEMENS 数控系统是由德国西门子公司开发研制的，具有较好的稳定性和较优的性能价格比，该系统在我国数控机床中的应用也相当普遍。我国主要有 802、810 和 840 等系列（如图 1-4（a）所示）。

我国是发展中国家，经济型数控系统在我国有着广阔的市场。因此，开发性能优良、价格便宜的数控系统，满足我国市场需要是很有意义的。目前，我国国内比较著名的数控系统有华中数控系统、广州数控系统等。华中数控系统以“世纪星”系列为典型产品，HNC—21T 为数车系统，最大联动轴为 5 轴。广州数控系统主要有 GSK928、GSK980 和 GSK990 等



系列（如图 1-4（b）所示）。



(a) SIEMENS 数控系统



(b) 广州数控系统 980TD

图 1-4 常见数控系统

2. 数控系统的特点

数控机床配置的数控系统不同，其功能和性能也有很大差异。表 1-1 为常见数控车床系统性能比较。

表 1-1 常见数控车床系统性能比较

类别	型号	特点及应用
FANUC	0D	普及型 CNC，其 0TD 用于通用车床
	0C	全功能 CNC，其中 0TC 用于通用车床、自动车床
	0i	高性价比，CNC 功能软件包化，可实现高速、高精度加工，并具有网络功能，操作方便
SIEMENS	SINUMERIK 802S/C	用于数控车床、数控铣床等，可控 3 个进给轴和 1 个主轴，其中 802S 适于步进电动机驱动，802C 适于伺服电动机驱动，具有数字 I/O 接口
	SINUMERIK 802D	可控 4 个数字进给轴和 1 个主轴，PLCI/O 模块，具有图形式循环编程，车削、铣削、钻削工艺循环
华中	HNC—21/22	先进的开放式体系结构，可与数控车、数控铣、加工中心、车铣复合等机床配套。可配 6 个进给轴（5 个联动轴），编程语言采用国际通用的 G 代码，功能齐全
广州数控	980T	具有较高的可靠性，可控 3 个进给轴和 1 个主轴，适用于经济型数控车床、数控铣床等，采用伺服电动机驱动

3. 数控系统编程特点

① 在一个程序段中，根据图样标注尺寸，可以采用绝对值或增量值编程，也可以采用二者混合编程。

② 由于零件图样的径向尺寸都是直径值，为便于径向尺寸的编程与测量，直径方向编程时，X（U）以直径值表示（如图 1-5 所示）。

③ 由于毛坯常用棒料或铸锻件，加工余量较大，所以数控系统具备不同形式的固定循环功能，可进行多次重复循环切削。

④ 为了提高刀具的使用寿命和降低表面粗糙度，车刀刀尖常磨成半径较小的圆弧，为此在编制圆头车刀程序时需要刀具半径进行补偿。对具备 G41/G42 自动补偿功能的车床，可直接按轮廓尺寸进行编程；对不具备以上功能的车床，在编程时，需要人工计算补偿量，这种计算比较复杂，有时相当烦琐。

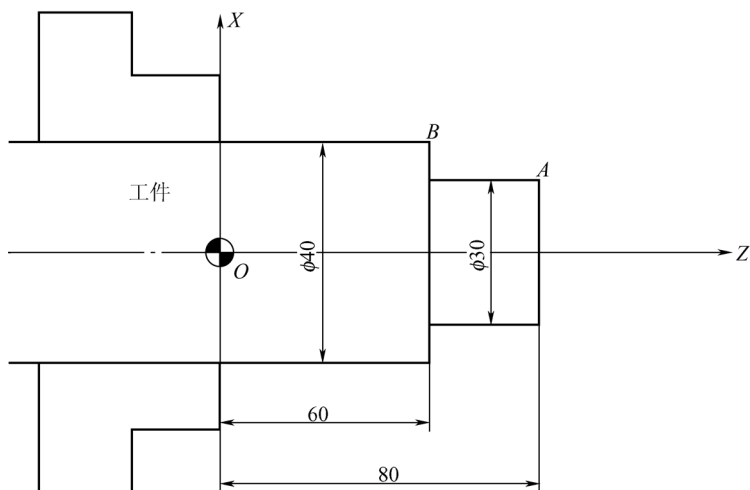


图 1-5 直径方向编程

1.2 数控车削编程基础

1.2.1 机床坐标系和工件坐标系

1. 数控机床坐标系的确定

为了确定数控机床上的成形运动和辅助运动,必须先确定机床上运动的位移和运动的方向,这个坐标系被称为机床坐标系。标准机床坐标系中 X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡儿直角坐标系确定。

① 在机床坐标系中,永远假定工件静止,刀具相对于工件移动;规定以刀具远离工件的方向为坐标轴的正方向。

② 伸出右手的大拇指、食指和中指,并互为 90° ,则大拇指代表 X 坐标,食指代表 Y 坐标,中指代表 Z 坐标(如图 1-6 所示)。

③ 大拇指的指向为 X 坐标的正方向,食指的指向为 Y 坐标的正方向,中指的指向为 Z 坐标的正方向。

④ 围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的旋转坐标分别用 A 、 B 、 C 表示,根据右手螺旋定则,大拇指的指向为 X 、 Y 、 Z 轴中任意一轴的正向 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$,其余四指的旋转方向即为旋转坐标 A 、 B 、 C 的正向 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ (如图 1-6 所示)。

⑤ 在数控车床的机床坐标系上,坐标轴的方向取决于机床的类型和各组成部分的布局,对卧式数控车床而言,如图 1-7 所示, Z 轴与主轴轴线重合,沿着 Z 轴正方向移动将增大零件和刀具间的距离; X 轴垂直于 Z 轴,对应于转塔刀架的径向移动,沿着 X 轴正方向移动将增大零件和刀具间的距离; Y 轴(通常是虚设的)与 X 轴和 Z 轴一起构成遵循右手定则的坐标系统。

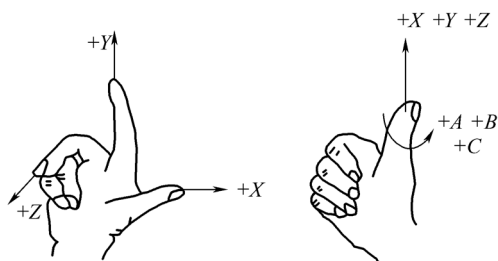


图 1-6 机床坐标系判别

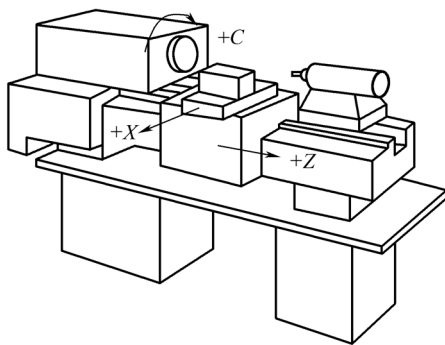


图 1-7 数控车床坐标轴及其方向

2. 数控车床的各类坐标系

(1) 机床原点和机床参考点

机床原点也称为机床零点。它在机床装配、调试时就已确定下来，是数控机床进行加工运动的基准参考点。数控车床的机床坐标系原点的位置大多规定在其主轴轴心与装夹卡盘的法兰盘端面的交点上，该原点是确定机床固定原点的基准，如图 1-8 所示。

机床参考点又称为机械原点或机床固定原点，机床参考点是用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点，通常设置在 X 轴和 Y 轴的正向最大行程处，如图 1-8 所示。该点至机床原点在其进给轴方向上的距离在机床出厂时已准确确定，利用系统所指定的自动返回机床参考点指令，可以使指令的轴自动返回机床参考点，全自动或高档的数控车床都设有机械原点。

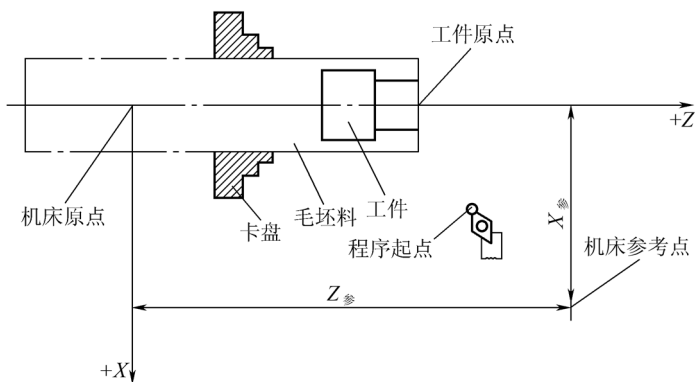


图 1-8 机床原点和机床参考点

(2) 数控车床的工件坐标系

工件坐标系是加工零件时，由编程人员确定的，一般供编程使用，确定编程坐标系时不必考虑零件毛坯在机床上的实际装夹位置。该坐标系的坐标轴与机床坐标系平行，坐标轴的方向与机床坐标系相同。一个零件在加工中，可以同时建立多个工件坐标系，以满足加工的需要。

工件原点又称编程原点，是根据加工零件图样及加工工艺要求选定的工件坐标系的原点。以它为原点建立一个直角坐标系来进行数值的换算，在数控车床上，一般将工件原点设



在零件的轴心线和零件两边端面的交点上,如图1-9所示。

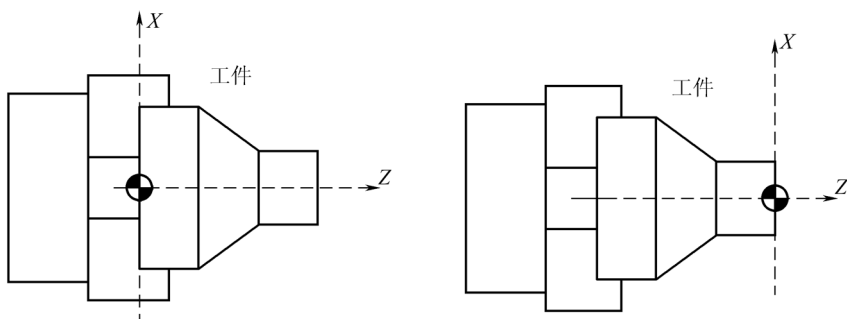


图1-9 工件原点

确定工件原点位置的原则如下:首先应尽量选择在设计基准或工艺基准上,其位置在给定的图样上应为已知;其次在该点建立的坐标系中,各几何要素关系应简洁明了,便于确定坐标值。

3. 对刀点、刀位点和换刀点

(1) 对刀点

对刀点是指数控加工时,刀具相对工件运动的起点,也是编程时程序的起点,往往也是程序的终点。因此,对刀点也称程序起点或起刀点。

在加工时,工件可以在机床加工尺寸范围内任意安装,要正确执行加工程序,必须确定工件在机床坐标系中的确切位置。对刀点是工件在机床上定位装夹后,设置在工件坐标系中,用于确定工件坐标系与机床坐标系空间位置关系的参考点。选择对刀点时要考虑到找正容易,编程方便,对刀误差小,加工时检查方便、可靠。对刀点应尽量选在零件的设计基准或工艺基准上,可以设在加工工件上,也可以设在夹具上,但必须与工件的定位基准有一定的尺寸关系。确定对刀点在机床坐标系中的位置的操作称为对刀。对刀是数控机床操作中非常关键的一项工作,对刀的准确程度将直接影响零件加工的位置精度。

(2) 刀位点

所谓刀位点是指确定刀具位置的基准点。对刀点找正的过程是使刀位点与对刀点一致,对刀点找正的准确程度直接影响加工精度,找正方法的选择应与零件加工精度要求相适应。刀位点对于普通车刀来说是刀尖,对于圆头刀来说是刀头圆弧的圆心。常用车刀的刀位点如图1-10所示。

(3) 换刀点

换刀点是采用多刀加工零件时设置的,在加工过程中要更换刀具。应确定相应的换刀位置,防止换刀时碰伤零件、刀具或夹具,换刀点常常设置在被加工零件的轮廓之外(如图1-11中的A点),并留有一定的安全量。

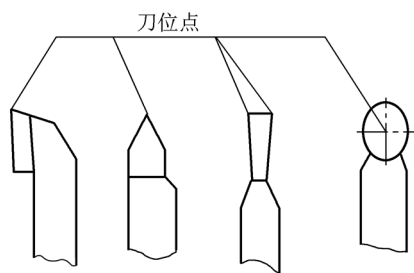


图 1-10 常用车刀的刀位点

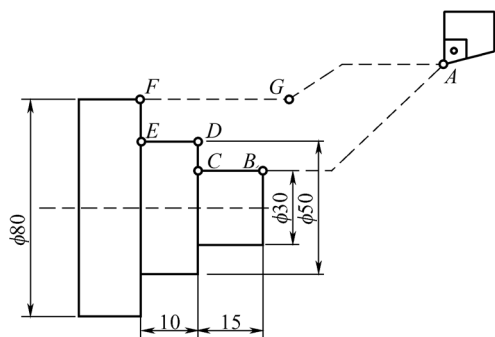


图 1-11 换刀点

1.2.2 数控编程的方法、程序结构和格式

1. 数控编程的方法

数控程序编制的方法可分为手工编程和自动编程两种。一般数控编程顺序如图 1-12 所示。

(1) 手工编程

手工编程指由人工来完成数控编程中各个阶段的工作。一般对几何形状不太复杂的零件，所需的加工程序不长，计算比较简单，用手工编程比较合适。

手工编程的特点是耗费时间较长，容易出现错误，无法胜任复杂形状零件的编程。

手工编程的步骤如下。

1) 分析零件图样和工艺要求

分析零件图样和工艺要求的目的是，为了确定加工方法，制订加工计划，以及确认与生产组织有关的问题。此步骤的内容包括：确定该零件应安排在哪类或哪台机床上进行加工；确定采用何种装夹具或何种装卡位方法；确定采用何种刀具或采用多少把刀进行加工；确定加工路线，即选择对刀点、程序起点（又称加工起点，加工起点常与对刀点重合）；走刀路线、程序终点（程序终点常与程序起点重合）；确定切削深度和宽度、进给速度、主轴转速等切削参数；确定加工过程中是否需要提供冷却液、是否需要换刀、何时换刀等。

2) 数值计算

根据零件图样几何尺寸，计算零件轮廓数据，或者根据零件图样和走刀路线，计算刀具中心（或刀尖）运行轨迹数据。数值计算的目的是为了获得编程所需要的所有相关位置坐标数据。

3) 编写加工程序单

根据已确定的加工方案（或计划）及数值计算获得的数据，按照数控系统要求的程序格式和代码格式编写加工程序等。

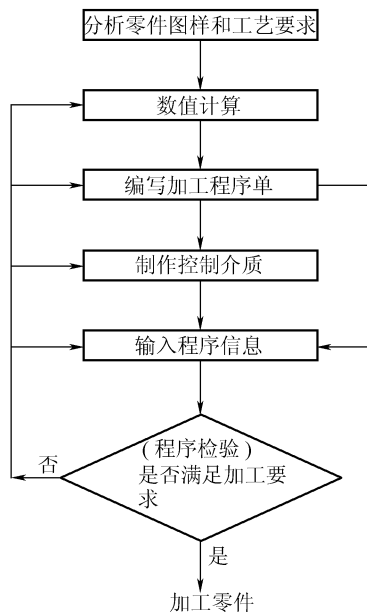


图 1-12 一般数控编程顺序



4) 制作控制介质和输入程序信息

程序单完成后, 编程者或机床操作者可以通过 CNC 机床的操作面板, 直接将程序信息输入 CNC 系统程序存储器中; 也可以根据 CNC 系统输入/输出装置的不同, 先将程序单的程序制作成或转移至某种控制介质上, 通过控制介质 (如磁盘或计算机等) 将数字信息送入数控装置。

5) 程序检验

编制好的程序, 在正式用于生产加工前, 必须进行程序运行检查。往往需要经过多次反复, 直到获得完全满足加工要求的程序为止。在机械制造行业中, 均有大量仅由直线、圆弧等几何元素构成的形状并不复杂的零件需要加工。这些零件的数值计算较为简单, 程序段数不多, 程序检验也容易实现, 因而可采用手工编程方式完成编程工作。由于手工编程不需要配置专门的编程设备, 不同文化程度的人均可掌握和运用, 因此, 手工编程仍然是一种运用十分普遍的编程方法。

(2) 自动编程

自动编程是指在数控编程过程中, 除了分析零件图和制定工艺方案由人工进行外, 其余工作均 CAD/CAM (计算机辅助设计及制造) 技术辅助完成。

自动编程的特点是编程工作效率高, 可解决复杂形状零件的编程难题, 缩短了产品的制造周期, 显著地提高产品质量, 产生了巨大的经济效益。

CAD/CAM 技术经过几十年的发展, 出现了一批比较优秀、比较流行的 CAD/CAM 软件。国外 CAD/CAM 软件的代表有 Unigraphics、CATIA、Pro/Engineer、Mastercam 等, 国内 CAD/CAM 软件的代表有 CAXA 等。随着对产品质量要求的不断提高, 要高效地制造高精度的产品, CAD/CAM 技术不可或缺。设计系统只有配合数控加工才能充分显示其巨大的优越性。另外, 数控技术只有依靠设计系统产生的模型才能发挥其效率。

2. 程序结构和格式

(1) 程序段的格式

一个零件程序是一组被传送到数控装置中去的指令和数据。零件程序是由遵循一定结构、句法和格式规则的若干个程序段组成的, 而每个程序段是由若干个指令字组成的。程序的结构如图 1-13 所示。

一个指令字是由地址符 (指令字符) 和带符号 (如定义尺寸的字) 或不带符号 (如准备功能字 G 代码) 的数字数据组成的。程序段中不同的指令字符及其后续数值确定了每个指令字的含义。

一个程序段定义一个将由数控装置执行的指令行。程序段的格式定义了每个程序段中功能字的句法, 如图 1-14 所示。

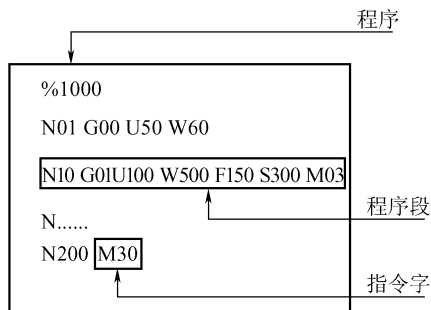


图 1-13 程序的结构

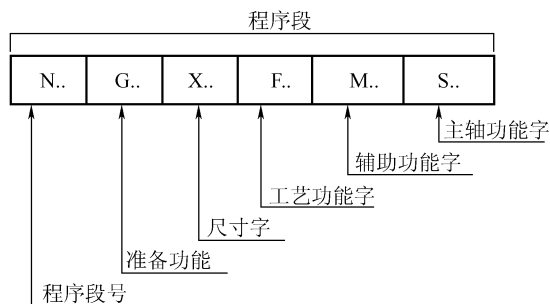


图 1-14 程序段的格式



(2) 程序的一般结构

一个零件程序必须包括起始符和结束符。零件程序是按程序段的输入顺序执行的，而不是按程序段号的顺序执行的，但书写程序时，建议按升序书写程序段号。表 1-2 为常见数控系统的程序结构。

表 1-2 常见数控系统的程序结构

系 统	程 序 结 构	
广州数控 980T 系统	O × × × × N × … × G × × X ± × × Z ± × × … ⋮ M30 %	程序名，× × × × 为 0000 ~ 9999 程序段 程序结束符
华中 数控	O (%) × × × × N × … × G × × X ± × × Z ± × × … ⋮ M30 %	程序名，× × × × 一般为 0000 ~ 9999， 如 O1111 或 %2222 程序段 程序结束符
FANUC 系统	O × × × × N × … × G × × X ± × × Z ± × × … ⋮ M30 %	程序名，× × × × 为 0000 ~ 9999 程序段 程序结束符
SIEMENS 802D 系统	□ □ … × × … N × … × G × × X ± × × Z ± × × … ⋮ M02	程序名，□ □ 为英文字母，× × 为数字或下画线。程序名不能超过 16 个字符 程序段 程序结束

1.3 数控车削加工工艺基础

1.3.1 数控加工工艺的内容

工艺分析是数控车削加工的前期工艺准备工作。工艺制定得合理与否，对程序编制、机床的加工效率和零件的加工精度都有重要影响。因此，要遵循一般的工艺原则并结合数控车床的特点，认真而详细地制定好零件的数控车削加工工艺。其主要内容有分析零件图纸、确定工件在车床上的装夹方式、各加工面的加工顺序和刀具的进给路线，以及刀具、夹具和切削用量的选择等。



1.3.2 数控加工工艺的制定过程

1. 零件图分析

零件图分析是制定数控车削工艺的首要工作，主要包括以下内容。

① 尺寸标注方法分析。根据零件图上尺寸标注的方法选择编程方式，并尽量使选择的方式既有利于编程，又有利于设计基准、工艺基准、测量基准和编程原点的统一。

② 轮廓几何要素分析。在手工编程时，要计算每个节点坐标；在自动编程时，要对构成零件轮廓的所有几何元素进行定义。因此在分析零件图时，要分析几何要素的给定条件是否充分，并合理选择编程顺序。

③ 精度及技术要求分析。对被加工零件的精度及技术要求进行分析，是零件工艺性分析的重要内容，主要包括分析精度及各项技术要求是否齐全、是否合理，以及是否能够在现有数控设备上完成加工，若不能完成，需采取其他措施（如磨削）弥补，则应给后续工序留有余量；对表面粗糙度要求较高的表面，应确定用恒线速切削。

2. 零件装夹方式

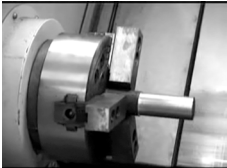

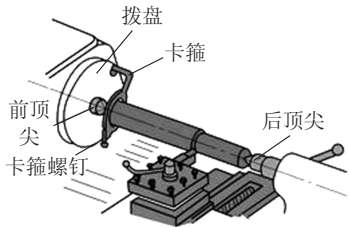
在数控车床上零件的安装方式与普通车床一样，要合理选择定位基准和夹紧方案，主要注意以下两点。

① 力求设计、工艺与编程计算的基准统一，这样有利于提高编程时数值计算的简便性和精确性。

② 尽量减少装夹次数，尽可能在一次装夹后，加工出全部待加工面。

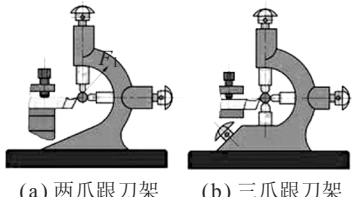
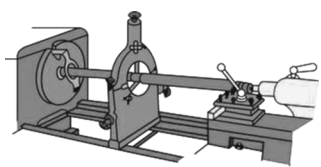
表 1-3 为数控车削常用的装夹方式。

表 1-3 数控车削常用的装夹方式

名 称	图 例	说 明
三爪自定心卡盘装夹法		特点是对中性好，可以装夹直径较小的工件。当装夹直径较大的外圆工件时可用三个反爪进行装夹，由于夹紧力不大，一般只适用于较轻的工件
一顶一夹装夹法		车削轴类零件时，在粗加工、半精加工或精度要求不高时，可用这种装夹法。能承受较大的轴向切削力，且刚性大大提高，同时可提高切削用量
双顶尖装夹法		对同轴度要求比较高且需要调头加工的轴类工件，常用双顶尖装夹工件。前顶尖为普通顶尖，装在主轴孔内，并随主轴一起转动，后顶尖为活顶尖，装在尾架套筒内。工件利用中心孔被顶在前后顶尖之间，并通过拨盘和卡箍随主轴一起转动



续表

名 称	图 例	说 明
跟刀架 装夹法	 (a) 两爪跟刀架 (b) 三爪跟刀架	对不适合调头车削的细长轴, 要使用辅助支承跟刀架进行车削, 以增加工件的刚性, 防止工件弯曲变形
中心架 装夹法		在车削细长轴时, 用中心架来增加工件的刚性, 要求零件支撑表面必须光滑, 无椭圆现象

3. 工序的划分

在数控车床上, 能够完成内外回转体表面的车削、钻孔、镗孔和螺纹等加工操作, 具体应根据零件的加工精度、表面粗糙度、材料、结构形状、尺寸及生产类型等因素, 选用相应的加工方法和加工方案。在数控机床上加工零件, 工序可以比较集中, 一次装夹应尽可能完成全部工序。

常用的工序划分原则有以下两个。

① 保持精度原则。数控加工要求工序尽可能集中。通常粗、精加工在一次装夹下完成, 为减少热变形和切削力变形对工件的形状、位置精度、尺寸精度和表面粗糙度的影响, 应将粗、精加工分开进行。对轴类或盘类零件, 应先粗加工待加工面, 留少量余量精加工, 来保证表面质量要求。对轴上有孔、螺纹加工的工件, 应先加工表面, 后加工孔、螺纹。

② 提高生产效率原则。数控加工中, 为减少换刀次数, 节省换刀时间, 应将需要用同一把刀加工的加工部位全部完成后, 再换另一把刀来加工其他部位。同时应尽量减少空行程, 用同一把刀加工工件的多个部位时, 应以最短的路线到达各加工部位。实际生产中, 数控加工工序的划分要根据具体零件的结构特点、技术要求等情况综合考虑。

4. 工序的安排

数控车削加工顺序的安排一般原则为先粗后精、先近后远、先内后外、程序段最少、走刀路线最短, 以及特殊情况特殊处理。

(1) 先粗后精

为了提高生产效率并保证零件的精加工质量, 在切削加工时, 应先安排粗加工工序, 在较短的时间内, 将精加工前大量的加工余量去掉, 同时尽量满足精加工的余量均匀性要求。

当粗加工工序安排完后, 应接着安排换刀后进行的半精加工和精加工。当粗加工后所留余量的均匀性满足不了精加工要求时, 则可安排半精加工作为过渡性工序, 以便使精加工余量小而均匀。

在安排可以一刀或多刀进行的精加工工序时, 其零件的最终轮廓应由最后一刀连续加工而成。这时, 加工刀具的进退刀位置要考虑妥当, 尽量不要在连续的轮廓中安排切入和切出



或换刀及停顿, 避免因切削力突然变化而造成弹性变形, 使光滑连接轮廓上产生表面划伤、形状突变或滞留刀痕等。

(2) 先近后远

这里所说的远与近, 是按加工部位相对于对刀点的距离大小而言的。在一般情况下, 特别是在粗加工时, 通常安排离对刀点近的部位先加工, 离对刀点远的部位后加工, 以便缩短刀具移动距离, 减少空行程时间。对于车削加工, 先近后远有利于保持毛坯件或半成品件的刚性, 改善其切削条件。

(3) 先内后外

对既要加工内表面(内形和内腔), 又要加工外表面的零件, 在制定其加工方案时, 通常应安排先加工内形和内腔, 后加工外表面。这是因为控制内表面的尺寸和形状较困难, 刀具刚性相应较差, 刀尖(刃)的耐用度易受切削热影响而降低, 以及在加工中清除切屑较困难等。

(4) 走刀路线最短

确定走刀路线的工作重点是确定粗加工及空行程的走刀路线, 因为精加工切削过程的走刀路线基本上都是沿零件轮廓顺序进行的。

走刀路线泛指刀具从对刀点(或机床固定原点)开始运动起, 直至返回该点并结束加工程序所经过的路径, 包括切削加工的路径及刀具引入、切出等非切削空行程。

在保证加工质量的前提下, 使加工程序具有最短的走刀路线, 不仅可以节省整个加工过程的执行时间, 还能减少一些不必要的刀具消耗及机床进给机构滑动部件的磨损等。

5. 加工路线的确定

在数控加工中, 刀具(严格说是刀位点)相对于工件的运动轨迹和方向称为加工路线, 即刀具从对刀点开始运动起, 直至加工结束所经过的路径, 包括切削加工的路径及刀具引入、返回等非切削空行程。加工路线的确定首先必须保证被加工零件的尺寸精度和表面质量, 其次考虑数值计算简单、走刀路线尽量短、效率高等。

在数控加工工艺过程中, 刀具时刻处于数控系统的控制下, 因而每一时刻都应有明确的运动轨迹及位置。走刀路线就是刀具在整个加工工序中的运动轨迹, 它不但包括了工步的内容, 也反映出工步顺序。走刀路线是编写程序的依据之一, 因此, 在确定走刀路线时, 最好画一张工序简图, 将已经拟定的走刀路线画上去(包括进、退刀路线), 这样可为编程带来不少方便。工步的划分与安排一般可随走刀路线来进行, 在确定走刀路线时, 主要考虑以下几点。

① 寻求最短加工路线, 减少空刀时间以提高加工效率。

② 为保证工件轮廓表面加工后的粗糙度要求, 最终轮廓应安排在最后一次走刀中连续加工出来。

③ 刀具的进、退刀(切入与切出)路线要认真考虑, 以尽量减少在轮廓切削中停刀(切削力突然变化造成弹性变形)而留下刀痕, 也要避免在工件轮廓面上垂直上下刀而划伤工件。

④ 要选择工件在加工后变形小的路线, 对横截面积小的细长零件或薄板零件应采用分几次走刀加工到最后尺寸或对称去余量法安排走刀路线。

案例一: 在数控车床上车外圆锥, 假设圆锥大径为 D , 小径为 d , 锥长为 L , 车圆锥的加工路线如图 1-15 所示。

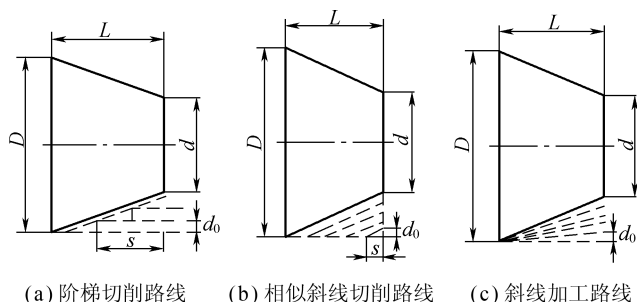


图 1-15 车圆锥的加工路线

按图 1-15 (a) 所示的阶梯切削路线, 两刀粗车, 最后一刀精车; 两刀粗车的终刀距 S 要做精确的计算, 可由相似三角形计算得出。此种加工路线, 粗车时, 刀具背吃刀量相同, 但精车时, 背吃刀量不同, 同时刀具切削运动的路线最短。

按图 1-15 (b) 所示的相似斜线切削路线, 也需要计算粗车时终刀距 S , 同样由相似三角形可计算得出。按此种加工路线, 刀具切削运动的距离较短。

按图 1-15 (c) 所示的斜线加工路线, 只需要确定每次背吃刀量 a_p , 而不需要计算终刀距, 编程方便。但在每次切削中背吃刀量是变化的, 且刀具切削运动的路线较长。

案例二: 在数控车床上车圆弧, 应用 G02 (或 G03) 指令车圆弧, 若用一刀就把圆弧加工出来, 这样吃刀量太大, 容易打刀。所以, 实际车圆弧时, 需要多刀加工, 先将大多余量切除, 最后才车得所需圆弧。车圆弧的加工路线如图 1-16 所示。

图 1-16 (a) 为车圆弧的阶梯切削路线, 即先粗车成阶梯, 最后一刀精车出圆弧。此方法在确定了每刀吃刀量 a_p 后, 须精确计算出粗车的终刀距 S , 即求圆弧与直线的交点。此方法刀具切削运动距离较短, 但数值计算较繁。

图 1-16 (b) 为车圆弧的同心圆弧切削路线, 即用不同半径的圆来车削, 最后将所需圆弧加工出来。此方法在确定了每次吃刀量 a_p 后, 对 90° 圆弧的起点、终点坐标较易确定, 数值计算简单, 编程方便, 加工中常采用。

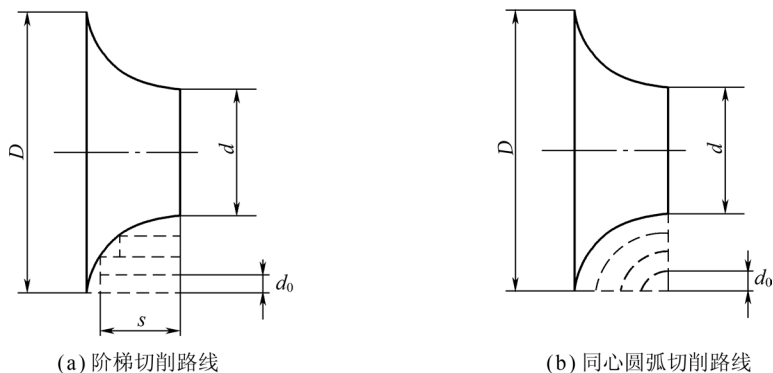


图 1-16 车圆弧的加工路线

6. 夹具的选择

常用夹具见表 1-4。由于夹具确定了零件在机床坐标系中的位置, 即加工原点的位置, 因而首先要求夹具能保证零件在机床坐标系中的正确坐标方向, 同时协调零件与机床坐标系



的尺寸。除此之外，主要考虑下列几点。

- ① 当零件加工批量很小时，尽量采用组合夹具、可调式夹具及其他通用夹具。
- ② 当小批量或成批生产时才考虑采用专用夹具，但应力求结构简单。
- ③ 夹具要开敞，其定位、夹紧机构元件不能影响加工中的走刀（如产生碰撞等）。
- ④ 装卸零件要方便可靠，以缩短准备时间，有条件时，批量较大的零件应采用气动或液压夹具、多工位夹具。

表 1-4 常用夹具





夹 具 种 类	用 途
三爪自定心卡盘	常用的自动定心夹具，装夹面与加工面同轴，适用于装夹轴类、盘套类零件
四爪单动卡盘	适用于非圆柱体、圆柱偏心等精度要求高的零件
花盘	适用于需要端面定位夹紧的工件
心轴	主要用于套筒和盘类零件的装夹

7. 刀具的选择

(1) 车刀的分类

车刀按被加工表面特征分为尖形车刀、圆弧车刀、成形车刀。按车刀结构分为整体车刀、焊接车刀、机夹可转位车刀。表 1-5 为常用的数控车刀。

表 1-5 常用的数控车刀

名 称	外 圆 车 刀	切 槽 车 刀	螺 纹 车 刀	内 孔 车 刀
图 示				

(2) 数控刀具的使用要求

- ① 有很高的切削效率。提高切削速度至关重要，硬质合金刀具切削速度可达 500 ~ 600mm/min，陶瓷刀具可达 800 ~ 1000mm/min。
- ② 有很高的精度和重复定位精度，一般 3 ~ 5μm 或更高。
- ③ 有很高的可靠性和耐用度，这是选择刀具的关键指标。
- ④ 实现刀具尺寸的预调和快速换刀，缩短辅助时间，提高加工效率。
- ⑤ 具有完善的模块式工具系统，储存必要的刀具以适应多品种零件的生产。
- ⑥ 建立完备的刀具管理系统，以便可靠、高效、有序地管理刀具系统。
- ⑦ 要有在线监控及尺寸补偿系统，监控加工过程中刀具的状态，提高加工可靠度。

(3) 选择刀具的注意事项

数控机床对所使用的刀具有许多性能上的要求，只有满足这些要求才能使数控机床真正达到高效率。在选择数控机床所用刀具时应注意以下几个方面。

1) 良好的切削性能

现代数控机床正向着高速、高刚性和大功率方向发展，因而所使用刀具必须具有能够承受高速切削和强力切削的性能（见表 1-6）。同时，同一批刀具在切削性能和刀具寿命方面



一定要稳定，这是由于在数控机床上为了保证加工质量，往往按刀具使用寿命换刀或由数控系统对刀具寿命进行管理。

2) 较高的精度

随着数控机床、柔性制造系统的发展，要求刀具能实现快速和自动换刀；又由于加工零件的日益复杂和精密，要求刀具必须具备较高的形状精度。这对数控机床上所用的整体式刀具也提出了较高的精度要求，有些立铣刀的径向尺寸精度高达 $5\mu\text{m}$ 以满足精密零件的加工需要。

表 1-6 数控车刀的切削性能

性 能	说 明
高硬度	刀具材料的硬度必须高于被加工工件材料的硬度，使刀具在高温、高压下仍能保持锋利的几何形状。常温下，刀具材料的硬度都在 HRC62 以上
足够的强度和韧性	刀具切削部分的材料在切削时要承受很大的切削力和冲击力，因此刀具材料必须要有足够的强度和韧性，一般用刀具材料的抗弯强度 σ_b 表示它的强度，用冲击韧度 a_k 表示其韧性。它们反映刀具材料抵抗脆性断裂和崩刃的能力
高耐磨性和耐热性	刀具材料的耐磨性是指抵抗磨损的能力，一般来说，刀具材料的硬度越高，耐磨性越好；耐热性通常用材料在高温下保持较高硬度的性能来衡量，即红硬性，耐热性越好，刀具材料在切削过程中抗变形和抗磨损的能力就越强
良好的导热性	刀具材料的导热性用热导率表示，热导率大，导热性能好，切削时产生的热容易传出去，从而降低刀具切削部分的温度，减轻刀具的磨损，提高刀具材料耐热冲击和抗热裂纹的能力
良好的工艺性	刀具材料要有较好的可加工性，包括锻压、焊接、切削加工、热处理、可磨性等，以方便刀具的制造
经济性	价格便宜，容易推广使用及获得好的效益

3) 先进的刀具材料

刀具材料是影响刀具性能的重要因素。除了不断发展常用的高速钢和硬质合金钢材料外，涂层硬质合金刀具已在国内外普遍使用。硬质合金刀片的涂层工艺是在韧性较大的硬质合金基体表面沉积一薄层（一般 $5 \sim 7\mu\text{m}$ ）高硬度的耐磨材料，把硬度和韧性高度地结合在一起，从而改善硬质合金刀片的切削性能。

数控车削对刀具不仅要求精度高、刚度好、寿命长，而且要求尺寸稳定、耐用度高，断屑和排屑性能好，同时要求安装调整方便，以满足数控机床高效率的要求。

(4) 数控车刀材料的种类

数控车刀材料的种类比较多（见表 1-7），但是归结起来主要有以下几种。

① 高速钢。高速钢刀具韧性好，一般做成整体式。普通高速钢刀具应用最广，大切削量粗加工时常用。但不能加工高硬度材料的工件。高性能高速钢具有针对性，可加工不锈钢、高温合金、钛合金等难加工材料。

② 硬质合金。硬质合金刀具韧性差，抗弯强度低，很少做成整体式，一般为镶焊式或制成刀片形式。K 类（YG）用于短切屑黑色金属、有色金属和非金属脆性材料加工，如铸铁、青铜等。P 类（YT）用于塑性好的长切屑黑色金属加工。M 类（YW）用于长短切屑黑色金属及有色金属加工。



- ③ 涂层刀具。涂层硬质合金刀具视涂层材质按相应硬质合金适用性选用。
- ④ 非金属刀具。陶瓷刀片常用于无冲击振动的连续高速车削。

表 1-7 数控刀具的材料

数 控 刀 具 的 材 料	高速钢	普通高速钢
		高性能高速钢
	硬质合金	钨钴类 YG
		钨钛钴类 YT
		钨钛钽（铌）钴类 YW
	涂层陶瓷	纯氧化铝类（白色陶瓷）
		TiC 添加类（黑色陶瓷）
	立方碳化硼 CNB	—
	聚晶金刚石 ND	—

8. 数控车削切削用量的选择（可参考附录 4）

切削用量包括主轴转速（切削速度）、背吃刀量和进给量。合理选择切削用量的原则是，粗加工时，一般以提高生产率为主，但也应考虑经济性和加工成本，通常选择较大的背吃刀量和进给量，采用较低的切削速度；半精加工和精加工时，应在保证加工质量的前提下，兼顾切削效率、经济性和加工成本，通常选择较小的背吃刀量和进给量，并选用切削性能高的刀具材料和合理的几何参数，以尽可能提高切削速度。

（1）背吃刀量（ a_p ）的确定

在工艺系统刚度和机床功率允许的情况下，尽可能选取较大的背吃刀量，以减少进给次数。当零件精度要求较高时，则考虑留出精车余量，其所留的精车余量一般比普通车削时所留余量小，常取 0.1 ~ 0.5mm。

（2）主轴转速（ n ）的确定

主轴转速根据零件上被加工部位的直径、零件和刀具的材料及加工条件等来确定，主轴转速可按下式计算：

$$n = 1000v_c / \pi d$$

式中， n —— 主轴转速（rpm）；

v_c —— 切削速度（m/min）；

d —— 零件待加工表面的直径（mm）。

（3）进给量（ f ）的确定

确定主轴转速时，需要先确定切削速度，而切削速度与背吃刀量和进给量有关。

进给量（ f ）指工件每转一周，车刀沿进给方向移动的距离（进给量单位为 mm/r）。粗车一般取 0.3 ~ 0.8 mm/r，精车时常取 0.1 ~ 0.3mm/r，切断时取 0.05 ~ 0.2mm/r。

切削速度（ v_c ）指切削时，车刀切削刃上某一点相对于待加工表面在主运动方向上的瞬时速度，又称为线速度。

当编制数控加工程序时，编程人员必须确定每道工序的切削用量。确定时一定要根据机床说明书中规定的要求，以及刀具的耐用度去选择，当然也可结合实践经验采用类比的方法来确定切削用量。在选择切削用量时要充分保证刀具能加工完一个零件或保证刀具的耐用度



不低于一个工作班，最少也不低于半个班。

背吃刀量主要受机床刚度的限制，在机床刚度允许的情况下，尽可能使背吃刀量等于零件的加工余量，这样可以减少走刀次数，提高加工效率。对于表面粗糙度和精度要求较高的零件，要留有足够的精加工余量，数控加工的精加工余量可以比普通机床的加工余量小一些。切削速度、进给量等参数的选择与普通机床加工基本相同，选择时还应注意阅读机床的使用说明书。在计算好各部位与各把刀具的切削用量后，最好能建立一张切削用量表，主要是为了防止遗忘和方便编程。

在使用数控机床刀具方面，对于不同的零件材质，在客观规律上就有一个切削速度（ v_c ）、背吃刀量（ a_p ）、进给量（ f ）三者互相适应的最佳切削参数，应在实践中不断摸索这个最佳切削参数。

在选择刀具时，要注意对工件的结构及工艺性认真分析，结合工件材料、毛坯余量及刀具加工部位综合考虑。在确定好以后，要把刀具规格、专用刀具代号和该刀所要加工的内容列表记录下来，供编程时使用。

1.3.3 数控车削加工工艺文件

编写数控加工工艺文件是数控加工工艺设计的内容之一，也是需要操作者遵守、执行的规程；有的则是加工程序的具体说明或附加说明，目的是让操作者更加明确程序的内容、装夹方式、各个加工部位所选用的刀具及其他问题。

1. 工序卡

数控加工工序卡（见表1-8）与普通加工工序卡有许多相似之处，所不同的是，草图中应注明编程原点与对刀点，要进行编程简要说明（如所用机床型号、程序介质、程序编号、刀具半径补偿方式、镜像加工对称方式等）及选择切削参数（即程序编入的主轴转速、进给速度、最大背吃刀量或宽度等）。

在工序加工内容不十分复杂的情况下，用数控加工工序卡的形式较方便，可以把零件草图、尺寸、技术要求、工序内容及程序要说明的问题集中反映在一张卡片上，做到一目了然。

表 1-8 数控加工工序卡

单位名称	某职业学校 实习工厂	产品名称		零件名称		零件图号		
		数控车中级工实训课题		课题一		SKCL006		
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备	数控系统		车间		
001	O1151, O1152	三爪自定心卡盘	CK6140	FANUC 0i - Mate		数控车间		
工步号	工步内容		刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 n (rpm)	进给量 f (mm/min)	背吃刀量 a_p (mm)	备注
1	平端面		T01	25 × 25	1000	100	1.0	手动
2	钻中心孔		—	φ2A	1000	—	—	手动
3	钻孔		—	φ20	300	—	—	手动
4	粗车右端外轮廓，留余量 0.5mm		T01	25 × 25	1000	150	1.5	O1151
5	精车右端各表面至尺寸要求		T01	25 × 25	1200	90	0.5	O1151



续表

单位 名称	某职业学校 实习工厂	产 品 名 称			零 件 名 称		零 件 图 号		
		数控车中级工实训课题			课题一		SKCL006		
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		数控系统		车间	
001	O1151, O1152	三爪自定心卡盘		CK6140		FANUC 0i – Mate		数控车间	
工步号	工步内容		刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 n (rpm)	进给量 f (mm/min)	背吃刀量 a_p (mm)	备注	
6	镗右孔的倒角		T02	25 × 25	1000	90	1.0	O1151	
7	调头，车端面至总长要求		T01	25 × 25	1000	100	1.0	手动	
8	粗车左端外轮廓，留余量 0.5mm		T01	25 × 25	1000	150	1.5	O1152	
9	精车左端各表面至尺寸要求		T01	25 × 25	1200	90	0.5	O1152	
10	粗车内轮廓，留余量 0.5mm		T01	25 × 25	1000	150	1.5	O1152	
11	精镗内轮廓各表面至尺寸要求		T02	25 × 25	1200	90	0.5	O1152	
12	粗、精加工螺纹		T03	25 × 25	600	1.5	—	O1152	
编制				审核					

2. 程序卡

一般，数控车削加工程序卡（见表 1-9）应包含如下内容。

- ① 所用数控设备型号及数控系统型号。
- ② 对刀点（编程原点）及允许的对刀误差。
- ③ 加工原点的位置及坐标方向。
- ④ 镜像加工使用的对称轴。

⑤ 所用刀具的规格、图号及其在程序中对应的刀具号，必须按实际刀具半径或长度加大或缩小补偿值的特殊要求（如用同一条程序、同一把刀具通过改变刀具半径补偿值进行粗精加工时），以及更换该刀具的程序段号等。

⑥ 整个程序加工内容的安排（相当于工步内容说明与工步顺序），使操作者明白先干什么，后干什么。

⑦ 子程序的说明。对程序中编入的子程序应说明其内容，使人明白该子程序的作用。

⑧ 其他需要做特殊说明的问题，如需要在加工中更换夹紧点（挪动压板）的计划停车程序段号，中间测量用的计划停车段号，允许的最大刀具半径和长度补偿值等。

表 1-9 数控车削加工程序卡

零件图号	SKCL006	零件名称	课题一	编制日期	
程序号	O3456			编制人	
程序段号	程序内容			程序说明	
N10	G40 G98 M03 S1000 F150;			主轴正转 1000rpm，进给量 150mm/min	
N20	T0101;			换刀 T0101	
N30	M08;			切削液开	
N40	G00 X45 Z2;			快速进刀至循环起点	



续表

零件图号	SKCL006	零件名称	课题一	编制日期	
程序号	O3456			编制人	
程序段号	程序内容			程序说明	
—	—			—	
N300	G00 Z100;			Z 向快速退刀	
N310	X200;			X 向快速退刀至换刀点	
N320	M09;			切削液停	
N330	M05;			主轴停	
N340	M30;			程序结束	

在数控加工中,常常要注意并防止刀具在运动中与夹具、工件等发生意外的碰撞,为此必须设法告诉操作者编程中的刀具运动路线(如从哪里下刀,在哪里抬刀,哪里是斜下刀等),使操作者在加工前就有所了解并计划好夹紧位置及控制夹紧元件的高度,这样可以减少上述事故的发生。此外,有些被加工零件,由于工艺性问题,必须在加工中挪动夹紧位置,也需要事先告诉操作者在哪个程序段前挪动,夹紧点在零件的什么地方,然后更换到什么地方,需要在什么地方事先备好夹紧元件等,以防出现安全问题。这些用程序卡和工序卡是难以说明或表达清楚的,如果用走刀路线图加以附加说明,效果就会更好。

3. 刀具卡

一般,数控车削加工刀具卡(见表1-10)应包含的内容如下。

- ① 所用数控设备型号及数控系统型号。
- ② 对刀点(编程原点)及允许的对刀误差。
- ③ 加工原点的位置及坐标方向。
- ④ 镜像加工使用的对称轴。

⑤ 所用刀具的规格、图号及其在程序中对应的刀具号,必须按实际刀具半径或长度加大或缩小补偿值的特殊要求(如用同一条程序、同一把刀具通过改变刀具半径补偿值进行粗精加工时),以及更换该刀具的程序段号等。

⑥ 其他需要做特殊说明的问题,如需要在加工中更换夹紧点(挪动压板)的计划停车程序段号,中间测量用的计划停车段号,允许的最大刀具半径和长度补偿值等。

表 1-10 数控车削加工刀具卡

产品名称或代号			零件名称	轴承套	零件图号	Lathe-01
序号	刀具号	刀具规格名称	数量	加工表面	刀尖半径	备注
1	T01	45°硬质合金端面车刀	1	车端面	0.5mm	25×25
2	T02	φ5mm 中心钻	1	钻 φ5mm 中心孔	—	—
3	T03	φ26mm 钻头	1	钻底孔	—	—
4	T04	镗刀	1	镗内孔各表面	0.4mm	20×20
5	T05	93°右手偏刀	1	自右至左车外表面	0.2mm	25×25
6	T06	93°左手偏刀	1	自左至右车外表面	—	—
7	T07	63°外螺纹车刀	1	车 M45 螺纹	—	—



1.3.4 数控车削常用量具

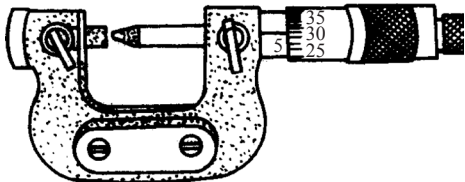
量具是测量零件的尺寸、角度、形状精度和相互位置精度等所用的测量工具和仪器。车工常用的简单量具有很多种,如钢尺、游标卡尺、千分尺、百分表、量角器等。数控车削常用量具见表 1-11。

表 1-11 数控车削常用量具

名 称	图 例	说 明
钢直尺		钢直尺是用来测量长度的一种最常用量具,可测量被测件的长、宽、高等尺寸
外径千分尺		可用来测量工件的各种如外圆直径、长度、厚度等外形尺寸
游标卡尺		游标卡尺可用来测量长度、宽度、厚度、内径、外径、孔距、高度和深度等
内径百分表		主要用比较法测量孔或槽宽的形状误差及尺寸大小
万能角度尺		可用来测量锥角
内测千分尺		用来测量中小孔径尺寸



续表

名 称	图 例	说 明
螺纹千分尺		用来测量螺纹中径尺寸

**想一想**

- ① 请简述数控车床的编程特点。
- ② 机床坐标系是如何定义的？建立工件坐标系有原则？
- ③ 请阐述对刀点、刀位点和换刀点的定义。
- ④ 请阐述对刀点、刀位点和换刀点的定义。
- ⑤ 请简述数控编程的工作流程。
- ⑥ 数控加工工艺分析包括哪些内容？
- ⑦ 确定走刀路线时，主要考虑的因素有哪些？
- ⑧ 切削用量的选择有哪些原则？

第 2 章

数控车削编程及基本操作

【本章导读】

本章以 GSK980T（以下简称“980T”）、华中数控系统为主，FANUC 数控系统为辅，介绍数控编程的常用指令、程序的组成与结构，以及数控系统的操作面板和基本操作。以“够用”为原则，重点讲述了常用指令的编程格式与应用，由浅入深，符合读者的认知规律。同时，本章总结了各数控系统的共通性，以方便读者学习。本章可作为“一体化教学”中的理论教学模块，若能与第 3 章、第 4 章的实训教学模块相结合，效果会更好。学生学习本章内容前，应具备一定的机械加工基础知识。

【学习目标】

- 熟知常见的编程指令。
- 掌握数控车削简单零件的程序编制。
- 了解数控车床的操作面板。

【教学目标】

- 知识目标：使学生掌握常用指令代码的编程格式及其在程序中的意义。
- 能力目标：能独立完成简单零件的程序编制。

【教学重点】

数控车削常用指令代码的编程格式。

【教学难点】

数控车削编程指令的应用。

【教学方法】

读书指导法、项目教学法

2.1 GSK980T 数控系统

2.1.1 980T 系统数控车床的主要系统功能

1. 准备功能

在 980T 系统中，准备功能主要用来指示机床或数控系统的工作方式。该系统的准备功能由地址符 G 和其后的 1 位或 2 位数字组成，它用来规定刀具和工件的相对运动轨迹、机床坐标系、坐标平面、刀具补偿、坐标偏置等。具体的 G 代码见表 2-1。



2. 辅助功能

辅助功能也称 M 功能，主要用于控制零件程序的走向，以及机床各种辅助功能的开关动作，如主轴的开、停，切削液的开关等。具体的 M 代码见表 2-2。

表 2-1 980T 系统 G 代码

G 代码	功 能	G 代码	功 能
* G00	快速定位	G70	精加工循环
G01	直线插补	G71	轴向粗车循环
G02	顺时针圆弧插补	G72	径向粗车循环
G03	逆时针圆弧插补	G73	封闭切削循环
G04	暂停、准停	G74	轴向切槽循环
G28	自动返回机械零点	G75	径向切槽循环
G32	等螺距螺纹切削	G76	多重螺纹切削循环
G33	Z 轴攻丝循环	G90	轴向切削循环
G34	变螺距螺纹切削	G92	螺纹切削循环
* G40	取消刀尖半径补偿	G94	径向切削循环
G41	刀尖半径左补偿	G96	恒线速控制
G42	刀尖半径右补偿	* G97	取消恒线速控制
G50	设置工件坐标系	G98	每分进给
G65	宏指令调用	* G99	每转进给

注：表中带 * 号的 G 功能，通电时将被初始化。

表 2-2 M 代码

M 代码	功 能	M 代码	功 能
M00	暂停，待再按循环启动键执行	M06	换刀
M01	条件暂停	M08	冷却液开
M02	程序结束	M09	冷却液关
M03	主轴正转	M30	程序结束
M04	主轴反转	M98	调用子程序
M05	主轴停止	M99	子程序结束返回主程序

2.1.2 980T 系统常用编程指令

1. 主轴功能（S 功能）

通过地址 S 和其后面的数值，把代码信号送给机床，用于机床的主轴控制。在一个程序段中可以指令一个 S 代码。关于可以指令 S 代码的位数以及如何使用 S 代码等，请参照机床制造厂家的说明书。

当移动指令和 S 代码在同一程序段时，先执行 S 功能指令，后执行移动指令。

目前机床常见的主轴速度设定方法有如下两种。

① 机械换挡。系统提供高速挡和低速挡两个挡位，即 S1 和 S2，每个挡位有 8 个转



速，每个转速的切换通过机械换挡来实现，每个挡位上标出了转速的大小。当输入 S0 时，主轴无转速。在实际的程序中事先将转速换好，之后在程序上写入 M03 S02 或 M03 S01 即可。

② 无级调速。要设定转速只需要指定一个速度即可，如 S600。最低和最高转速参照机床说明书。

2. 刀具功能 (T 功能)

用地址 T 及其后面的两位数字来选择机床上的刀具。在一个程序段中，可以指令一个 T 代码。移动指令和 T 代码在同一程序段中时，移动指令和 T 代码同时开始。

用 T 代码后面的数值指令，进行刀具选择。其数值的后两位是用于指定刀具补偿的补偿号。

格式：T * * * *

说明：T 代码后面的前两位数字为刀具号，后两位数字为刀具补偿号。例如，T0202 表示刀具编号为 02，该刀具的位置补偿存储在 02 单元中。

3. 辅助功能 (M 功能)

在 980T 系统中，常见的 M 功能指令已经在表 2-2 中列出。下面介绍几个 M 指令的使用意义。

① M30 (程序结束) 表示主程序结束后停止自动运行，处于复位状态，同时返回到主程序开头。

② M00 (程序停) 表示当执行了 M00 的程序段后，程序暂停，再次按“循环启动”按钮时，程序方可自动运行。

③ M98/M99 (调用子程序/子程序返回) 用于调用子程序。当程序结尾为 M99 时，程序可重复执行。子程序调用格式如图 2-1 所示。

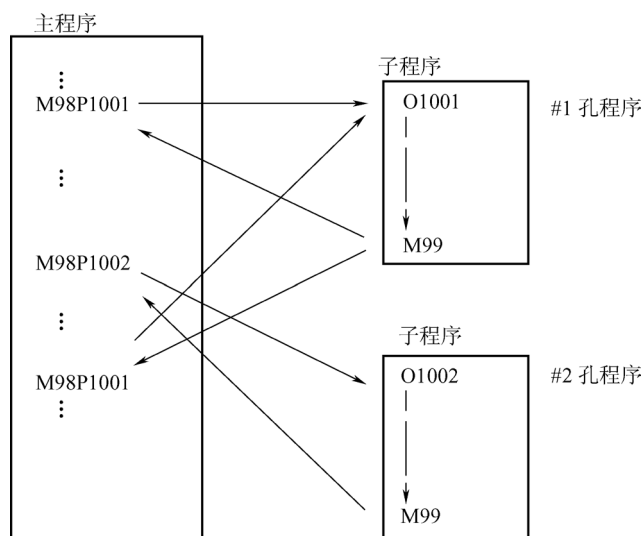


图 2-1 子程序调用格式

在主程序中的编程格式：M98 P * * * * &&&

在子程序中的编程格式：子程序开始 O * * * *

子程序结束 M99



说明：M98 后 P 跟的 * * * * 为子程序调用的次数，默认为 1 次，取值范围为 1 ~ 999，而 P 后的 &&&& 为子程序名。例如，M98P51200，表示调用名为 1200 的子程序 5 次。

4. 设定工件坐标系指令 G50

用 G50 设定工件坐标系是数控车削常用的方法。G50 是一个非运动指令，只起到预置寄存数据的作用，一般放在零件加工程序的第一个程序段位置上（若事先在录入方式下设定工件坐标系，可不必在程序第一段使用 G50）。

格式：G50 X __ Z __；

说明：X、Z 分别表示刀尖所在点 A 距工件原点在 X 向和 Z 向的坐标值，如图 2-2 所示。在加工前，必须通过对刀操作将刀尖调整到已知的位置上，由此来确定工件坐标系在机床坐标系中的位置。

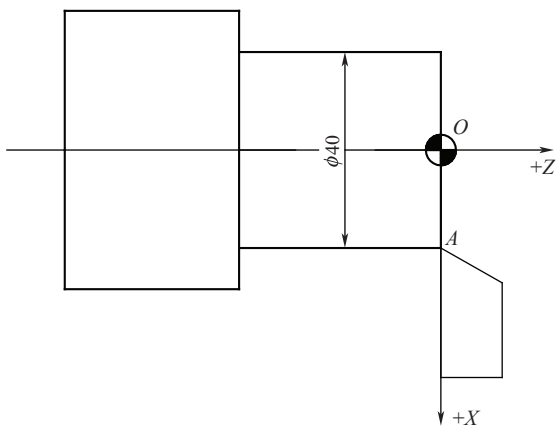


图 2-2 G50 指令应用图

如图 2-2 所示，O 点为工件坐标原点，刀尖起始点 A 距工件坐标原点在 X 向和 Z 向的坐标值分别为 40（直径量）和 0，则执行程序段

G50 X40.0 Z0.0

后，系统内部对（X40.0 Z0.0）进行记忆，并显示在显示屏上，工件坐标系设定完毕。

5. 直线快速移动指令 G00

格式：G00 X (U) __ Z (W) __

说明：X、Z 后所跟的坐标值为工件绝对坐标值，U、W 后所跟的坐标值为增量坐标值。在利用 G00 进行直线快速移动时要注意使用得当。X、Z、U、W 指定的坐标值均为切削终点坐标。

6. 直线插补指令 G01

格式：G01 X (U) __ Z (W) __ F __

说明：X、Z 后所跟的坐标值为工件绝对坐标值，U、W 后所跟的坐标值为增量坐标值，F 为指定进给量，默认单位为 mm/min（G94 状态）。X、Z、U、W 指定的坐标值均为切削终点坐标。

7. 圆弧插补指令 G02、G03

(1) 格式及说明

格式：G02 X __ Z __ R __ F __ 或 G02 X __ Z __ I __ K __ F __（顺圆）



G03 X _ Z _ R _ F _ 或 G03 X _ Z _ I _ K _ F _ （逆圆）

说明：

- ① 圆弧顺逆的判别，主要与刀架所处的位置有关，如图 2-3 所示，对于前刀架来说，顺车时，G02 为凹（逆）圆加工，G03 为凸（顺）圆加工。
- ② R 为圆弧半径，当圆弧所对应的圆心角小于或等于 180°时，R 取正值，而等于或大于 180°时，R 取负值。
- ③ I、K 为在圆弧始点建立辅助坐标系后，圆心相对于该坐标系的值，I 对应 X 轴,K 对应于 Z 轴（其取值也可理解为圆心坐标减起点坐标）。

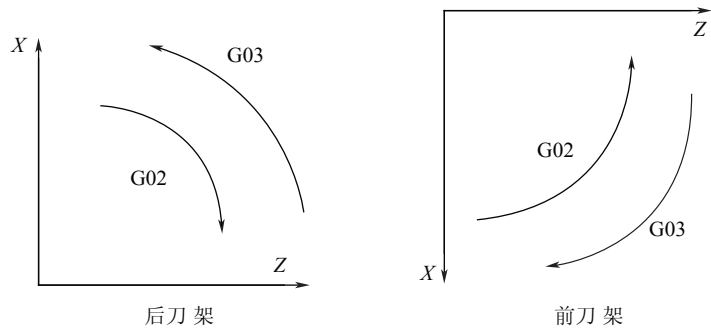


图 2-3 顺圆与逆圆的判别

(2) G00、G01、G02、G03 指令应用实例

① 特形轴如图 2-4 所示，编程实例见表 2-3。

表 2-3 车削特形轴编程实例

程 序	说 明
O0001 ; N100M03S1000 ; N20T0101 ; N30G00X0Z1G99 ; N40G01Z0F0.1 ; N50G03X21.88Z -24.92R15 ; N60G02X26Z -32.81R5 ; N70G01X26Z -36.81 ; N80G01X32Z -36.81 ; N90G01X32Z -45 ; N100G00X100Z100 ; N110M05 ; N120T0100 ; N130M30 ;	程序名 主轴转速 1000rpm，正转 进入 1 号刀刀补 定起刀点，进给速度进入 mm/r 模式 定 R15 起刀点 加工 R15 圆弧 加工 R5 圆弧 加工 φ26 外圆 加工台阶面 加工 φ32 外圆 回换刀点 停主轴 取消刀补 程序结束

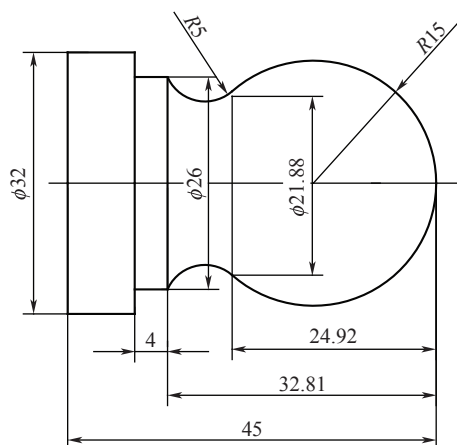


图 2-4 特形轴

② 圆头光轴如图 2-5 所示，编程实例见表 2-4。

表 2-4 车削圆头光轴编程实例

程 序	说 明
O0002;	程序名
N10M03S1000;	主轴正转
N20T0101;	调 1 号刀
N30G00X100Z100G99;	定起刀点
N40G00X40Z1;	快速定位至端面加工起点
N50G01Z0F0.1;	定 R20 圆弧起刀点
N60G03X40Z-20I0K-20;	加工 R20 圆弧面
N70G01Z-80;	加工 $\phi 40$ 圆柱面
N80G00X100Z100	返回起刀点
N90M05;	主轴停止
N100M30;	程序结束

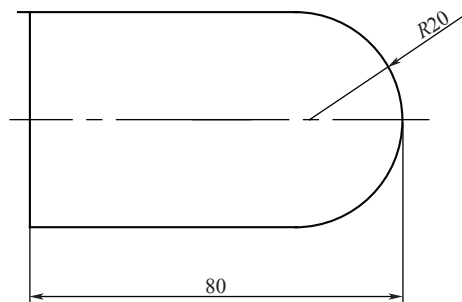


图 2-5 圆头光轴

8. 端面车削固定循环指令 G94

(1) 格式及说明

格式 1: G94 X (U) __ Z (W) __ F __; (车削柱面)

格式 2: G94 X (U) __ Z (W) __ K __ F __; (车削锥面)



说明：

- ① 式中 X、Z、W、U、F 的取值与 G01 的相同。K 的取值与切削方向有关。K 等于车削锥体的始点 Z 轴的坐标减去车削锥体的终点 Z 轴的坐标的值。
- ② 图 2-6 为车削外圆时，G94 指令的循环线路图。刀具从循环起点开始按 3R→2F→1F→4R 进行循环，最后又回到循环起点。在本书中的刀具线路图中，R 表示快速移动，F 表示切削过程。以后不再说明。
- ③ 图 2-7 为车削锥面时，G94 指令的循环线路图。刀具从循环起点开始按 1R→2F→3F→4R 进行循环，最后又回到循环起点。
- ④ 起点和终点的定义应注意，刀具车削方向从主轴中心向外车削和刀具车削方向从外向主轴中心车削两种不同的情况。

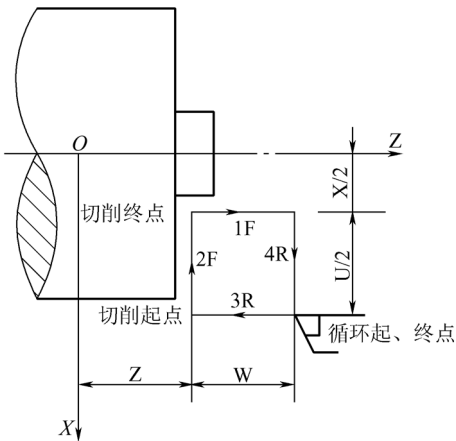


图 2-6 G94 指令车削外圆时循环线路图

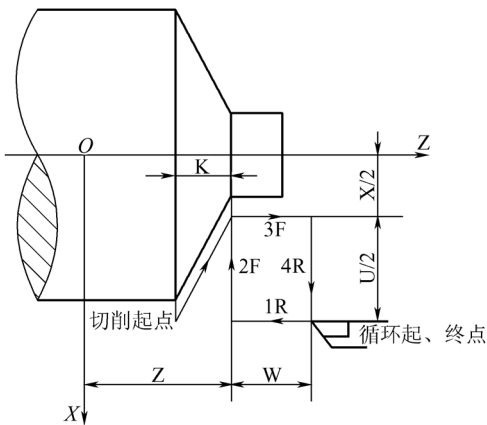


图 2-7 G94 指令车削锥面时循环线路图

(2) G94 指令应用实例

台阶轴如图 2-8 所示，程序见表 2-5。

表 2-5 G94 指令应用实例

程 序	说 明
O0001;	程序名
N10M03S500;	主轴低速正转
N20T0101;	调 1 号刀
N30G00X100Z100G99;	定起刀点
N40G00X35Z20;	定端面切削循环起刀点 A
N50G94X0Z16F0.2;	车端面
N60G94X20Z14;	A → B → C → D → A
N70Z12;	A → E → F → D → A
N80Z10;	A → G → H → D → A
N90M03S100;	主轴高速正转
N100T0101;	调 1 号车刀
N110G94X20Z10F0.1;	精车台阶端面
N120G00X100Z100;	回起刀点
N130M05;	主轴停止
N140M30;	程序结束

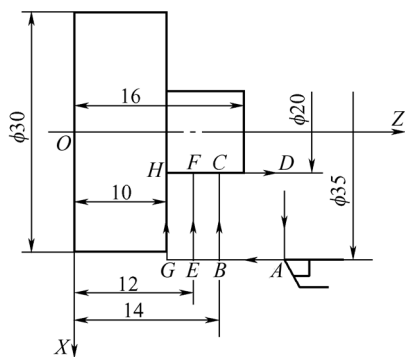


图 2-8 台阶轴

9. 外圆或内圆单一固定车削循环指令 G90

(1) 格式及说明

格式 1: G90 X (U) ___ Z (W) ___ F ___;

格式 2: G90 X (U) ___ Z (W) ___ R ___ F ___;

说明:

① 该格式为车削内、外圆柱面格式。X、Z 为绝对坐标编程，U、W 为增量坐标编程。X、Z、U、W 指定的坐标值均为切削终点坐标。

② 图 2-9 为车削柱面时，G90 指令的循环线路图。刀具从循环起点开始按 1R→2F→3F→4R 进行循环，最后又回到循环起刀点。

③ 图 2-10 为车削锥面时，G90 指令的循环线路图。刀具从循环起点开始按 1R→2F→3F→4R 进行循环，最后又回到循环起刀点。

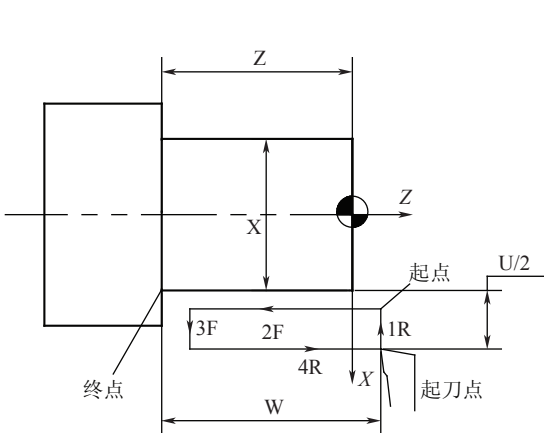


图 2-9 G90 指令车削柱面时的循环线路图

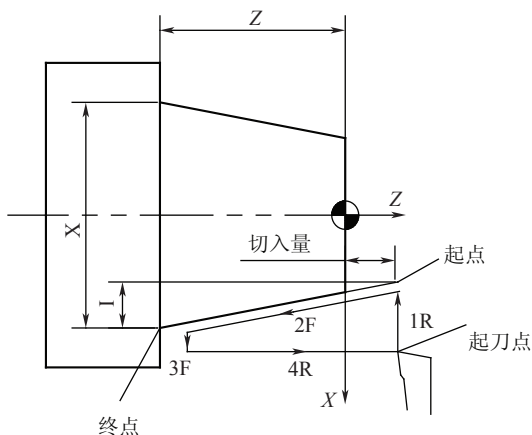


图 2-10 G90 指令车削锥面时的循环线路图

注意：该格式为车削内、外圆锥面时的格式，R 的取值与切削方向有关。车削外圆锥面时，装外圆车刀；车削内圆锥面时，装镗孔刀。R 值等于车削圆锥的始点 X 坐标值减去车削圆锥的终点 X 坐标值（X 为半径值）。

(2) G90 指令应用实例

① 台阶轴如图 2-11 所示，编程实例见表 2-6。



表 2-6 车削台阶轴编程实例

程 序	说 明
O0001; N10M03S500; N20T0101; N30G00X100Z100G99; N40G00X50Z50; N50G90X30Z15F0.2; N60G90X25Z15; N70X20; N80M03S1000; N90T0101; N100G90X20Z15F0.1; N110G00X100Z100; N120M05; N130M30;	程序名 主轴正转 调 1 号刀 定起刀点 定外圆切削循环起刀点 A 车外圆 $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ 车外圆 $A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow A$ 车外圆 $A \rightarrow H \rightarrow G \rightarrow B \rightarrow A$ 主轴高速正转 调 1 号车刀 精车锥度外圆 回起刀点 主轴停止 程序结束

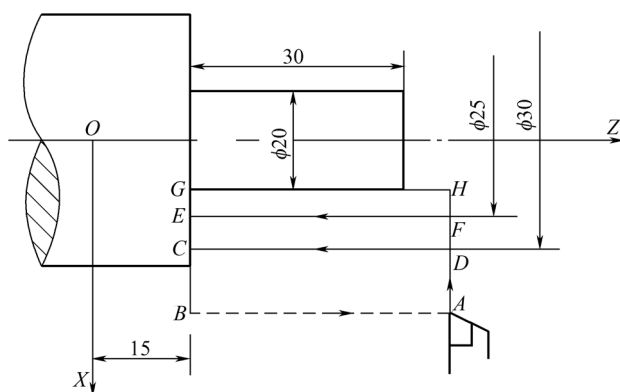


图 2-11 台阶轴

② 圆锥轴如图 2-12 所示，编程实例见表 2-7。

表 2-7 车削圆锥轴编程实例

程 序	说 明
O0001; N10M03S500; N20T0101; N30G00X100Z100G99; N40G00X50Z50; N50G90X30Z10R-2.5F0.2; N60G90X25Z10R-2.5; N70G90X20Z10R-2.5; N80M03S1000; N90T0101; N100G90X20Z10R-2.5F0.1; N110G00X100Z100; N120M05; N130M30;	程序名 主轴正转 调 1 号刀 定起刀点 定外圆切削循环起刀点 A 车外圆 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 车外圆 $A \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow D \rightarrow A$ 车外圆 $A \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow D \rightarrow A$ 主轴高速正转 调 1 号车刀 精车锥度外圆 回起刀点 主轴停止 程序结束

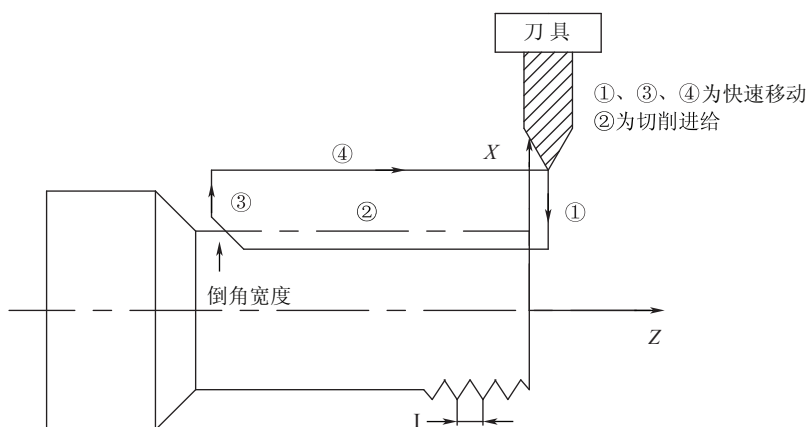


图 2-13 G92 指令车削圆柱螺纹时的循环线路图

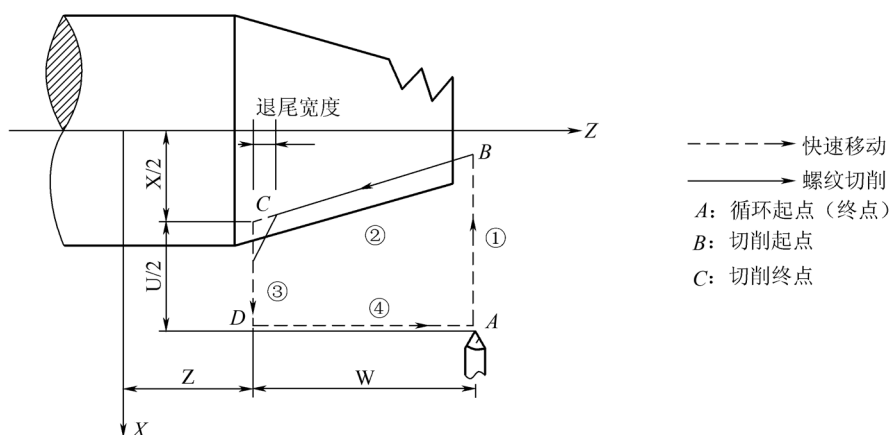


图 2-14 G92 指令车削圆锥螺纹时的循环线路图

(3) 注意事项

切削起点、终点是螺纹插补的起始位置和结束位置，不同于螺纹实体的起点和终点。

图 2-14 中切削起点为 B 点，切削终点为 C 点。

切削起点与终点的相对位置按 U 、 W 的符号有 4 种不同组合，如图 2-15 所示。

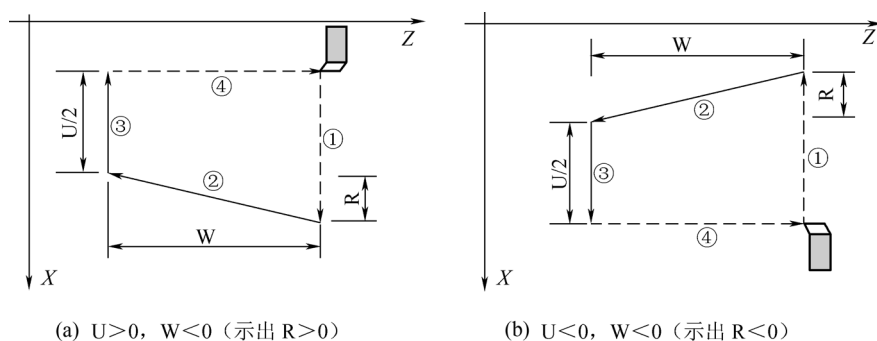


图 2-15 G92 指令切削起点与终点的相对位置

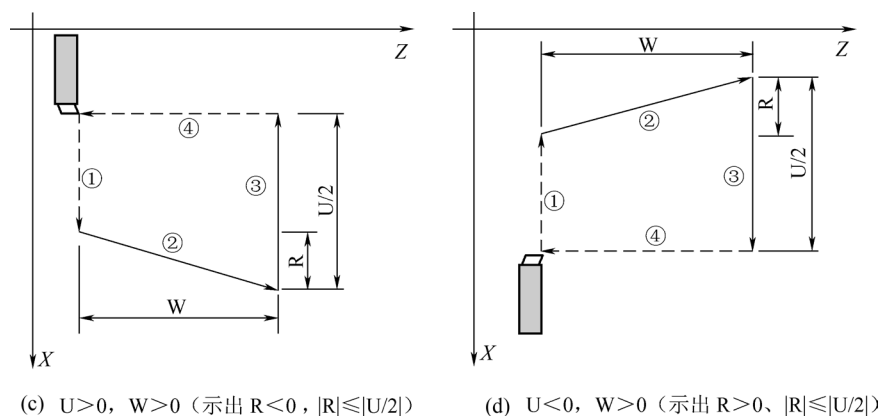


图 2-15 G92 指令切削起点与终点的相对位置 (续)

(4) G92 指令应用实例

螺纹轴如图 2-16 所示, 程序见表 2-8。

表 2-8 G92 指令应用实例

程 序	说 明
O0008;	程序名
N10M03S400;	主轴正转
N20T0101;	调 1 号刀
N30G00X100Z100G99;	
N40G00X22Z2;	定起刀点
N50G92X19.2Z-18F1.5;	设定螺纹加工参数, 第 1 次分刀
N60X18.4;	第 2 次分刀
N70X18.1;	第 3 次分刀
N80X18.05;	第 4 次分刀
N90G00X100Z100;	返回起刀点
N100M05;	停主轴
N110M30;	程序结束

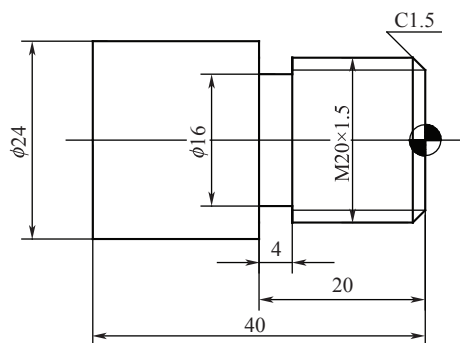


图 2-16 螺纹轴



11. 外圆粗车复合循环指令 G71

(1) 格式及说明

格式: G71 U (Δd) R (e);

G71 P (ns) Q (nf) U (Δu) W (Δw) F __;

N (ns) ...

⋮

N (nf) ...

说明:

① 该指令执行如图 2-17 所示的粗加工和精加工路线, 精加工路线为 $A' \rightarrow B' \rightarrow B$ 的轨迹。

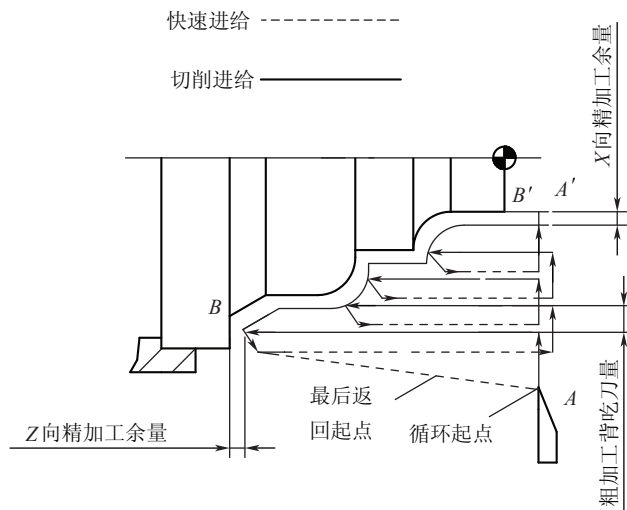


图 2-17 G71 指令执行图

② Δd 是深度, 无符号。切入方向由 AA' 方向决定 (半径量指定)。该指定是模态的, 一直到另一指定以前均有效。

③ e 是退刀量, 是模态值, 在下次指定前均有效。

④ ns 是程序段群的第一个程序段的顺序号。

⑤ nf 是精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

⑥ Δu 是轴方向精加工余量的距离及方向 (直径量指定)。

⑦ Δw 是轴方向精加工余量的距离及方向。

(2) 注意事项

① 在 G71 循环中, 顺序号 $ns \sim nf$ 之间程序段中的 F 功能都无效, 全部忽略, 仅在 G71 指令的程序段中, F 是有效的。

② 在使用循环语句的循环程序段中能调用子程序。

③ 在第一段和最后一段必须由 G00 或 G01 指令来指定, 同时第一段中不能有 Z 方向的坐标移动。

④ Δu 、 Δw 在车削方式不同时, 有正负之分。当切削方向是从工件尾部车到工件头部时, Δw 为正值, 反之取负值; 当车削内孔时, Δu 为负值, 车外圆时为正值。



(3) G71 指令应用实例

圆锥台阶轴如图 2-18 所示，程序见表 2-9。

表 2-9 G71 指令应用实例

程 序	说 明
O0009; N10M03S1000; N20T0101; N30G00X100Z100G99; N40X26Z2; N50G71U2R0.5; N60G71P70Q150U0.5W0.1F0.3; N70G00X16; N80G01Z0F0.1; N90G01X24W-15; N100G01X24Z-30; N110G01X26; N120Z-40; N140X36; N150Z-50; N160G00X100Z100; N170M05; N180M30;	程序名 主轴高速正转 调 1 号刀 快速定位至起刀点 定粗车前起刀点 采用外圆粗车循环，并设置参数，每次切削深度为 1mm，退刀量为 1mm。N70 ~ N150 为精车刀具轨迹，X 轴方向精车余量为 0.5mm，Z 轴方向为 0.02mm，进给量为 0.3mm/r N70 ~ N120 为精加工轮廓 快速回起刀点 停主轴 程序结束

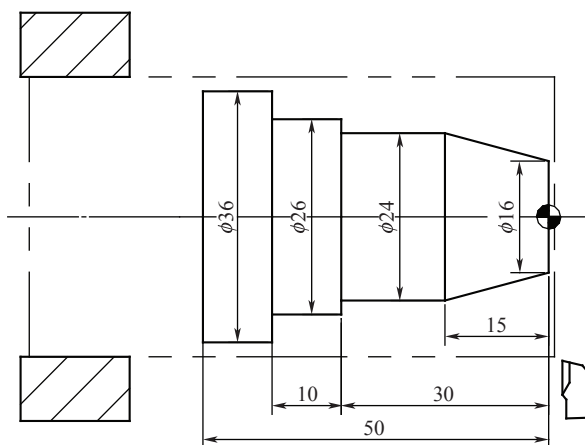


图 2-18 圆锥台阶轴

12. 端面粗车复合循环指令 G72

格式：G72 U (Δd) R (r);

G72 P (ns) Q (nf)

U (Δu) W (Δw) F __ ;

N (ns) ...

⋮



N (nf) ...

说明：如图 2-19 所示，该指令各符号取值与 G71 相同，所不同的是 ns 所定义的程序段只能定义 Z 值，不能定义 X 值，每次进刀总是沿着 Z 轴方向进行，切削方向平行于 X 轴。 Δu 、 Δw 在车削方式不同时，有正负之分。当切削方向是从工件尾部车到工件头部时， Δw 为正值，反之取负值；当车削方向是从主轴中心向外车削时， ΔU 为负值，反之取正值。其他注意事项同 G71。

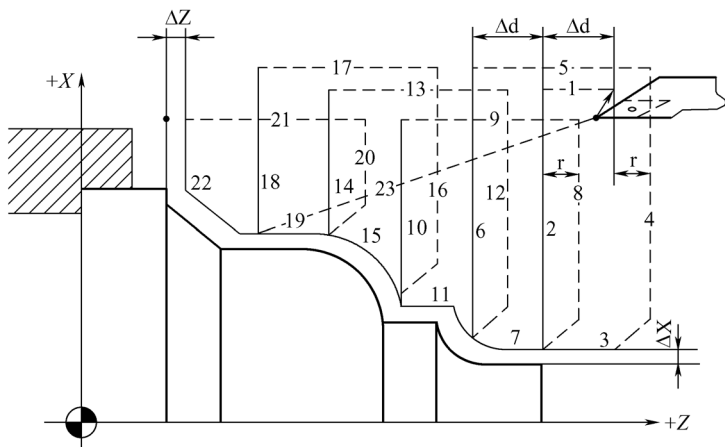


图 2-19 G72 指令执行图

13. 封闭切削循环指令 G73

(1) 格式及说明

格式：G73 U (Δi) W (Δk) R (d)；

G73 P (ns) Q (nf) U (Δu) W (Δw) F __；

N (ns) ...

⋮

N (nf) ...

说明：

- ① 如图 2-20 所示，程序中指令的精加工路线为 $A' \rightarrow B' \rightarrow B$ 。
- ② Δi 是 X 轴方向退刀的距离及方向（半径量指定）。 Δi 等于循环加工的最大的半径与最小的半径之差，单位为 mm。
- ③ Δk 是 Z 轴方向退刀的距离及方向。一般情况下不设定这个数，即 $\Delta k = 0$ ，单位为 mm。
- ④ d 是分刀加工的次数。这个值是根据 Δi 来确定每次吃刀量的大小的。这里要值得注意的是它的单位。例如，要分 5 次加工则应该写成 R0.005；同理，分 10 次加工则要写成 R0.010。

- ⑤ ns 是精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。
- ⑥ nf 是精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。
- ⑦ Δu 是 X 轴方向精加工余量的距离及方向（直径量指定）。
- ⑧ Δw 是 Z 轴方向精加工余量的距离及方向。

(2) 注意事项

在 G73 循环中，顺序号 ns ~ nf 之间程序段中的 F 功能都无效，全部忽略，仅在 G73



指令的程序段中，F 是有效的。

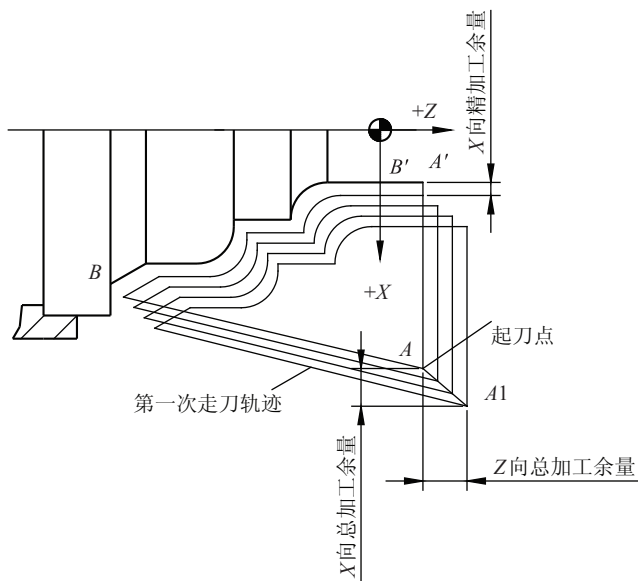


图 2-20 G73 指令执行图

14. 精加工循环 G70

在利用 G71、G72、G73 粗车后，可以用 G70 指令进行精车。

(1) 格式及说明

格式：G70 P (ns) Q (nf)

说明：

- ① ns 是构成精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。
- ② nf 是构成精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

(2) 注意事项

- ① ns ~ nf 之间只能包含 5 个程序段，5 段后的不执行。
- ② G71、G72、G73 程序段中的指令 F 对于 G70 的程序段无效，而顺序号 ns ~ nf 间的指令 F 有效。一般在 G70 P (ns) Q (nf) 后面加上 F __ 来指定精加工时的切削速度。
- ③ G70 的循环结束，刀具快速返回起始点。
- ④ G71、G72 两个指令只适用于工件形状为单调递增或单调递减的情况，不适用于又增加又减小的情况，而 G73 可以适用于又增加又减小的情况。

(3) G73、G70RXJ WYC 指令应用实例

手柄如图 2-21 所示，程序见表 2-10。



表 2-10 G73、G70 指令应用实例

程 序	说 明
O0010; N10M03S500; N20T0101; N30G00X100Z100G99; N40G00X26Z2; N50G73U13W0.1R0.013; N60G73P70Q120U0.5W0.02F0.2; N70G00X0; N80G01Z0F0.1; N90G03X14.77Z-4.92R8; N100G03X21.2Z-44.8660; N110G02X24Z-73.44R40; N120G01Z-83.44; N130G00X100Z100; N140M5; N150M0; N160M3S1000; N170T0101; N180G00X26Z2G99; N190G70P70Q120; N200G00X100Z100; N210M05; N220M30;	程序名 主轴正转 调 1 号刀 快速定位至起刀点 定粗车前的起刀点 采用外圆封闭粗车循环, 并设置参数, X 轴总退刀量为 13mm, Z 轴退刀量为 0.1mm。分 13 刀, N70 ~ N120 为精车刀具轨迹, X 轴方向精车余量为 0.5mm, Z 轴方向精车余量为 0.02mm, 进给量为 0.2mm/r N70 ~ N120 为精加工轮廓 快速退回起刀点 停主轴 程序暂停 主轴高速正转 调 1 号刀 定精车起刀点 精加工 快速退回起刀点 停主轴 程序结束

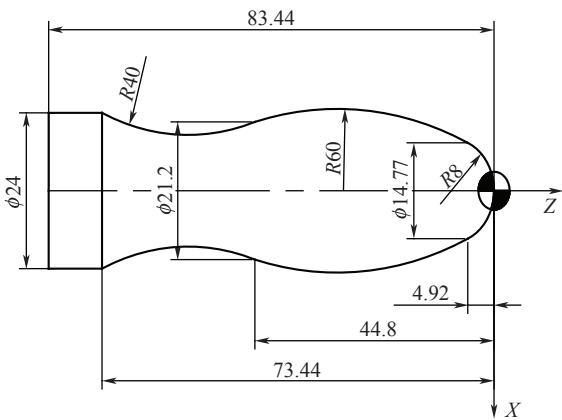


图 2-21 手柄

15. 外圆、内圆切槽循环指令 G75

(1) 格式及说明

格式: G75 R (e);

G75 X (u) __ Z (w) __ P (i) Q (k) R (d) F __;



说明:

① G75 指令执行图如图 2-22 所示。

② e 是每次沿 X 方向切削 i 值后的退刀量, 单位为 mm 。

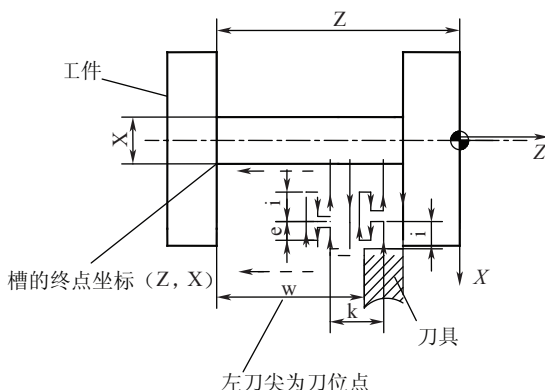


图 2-22 G75 指令执行图

③ X 是加工槽的槽底 X 方向绝对坐标值。

④ u 是增量坐标。

⑤ Z 是切槽的 Z 方向终点绝对坐标值。

⑥ w 是增量坐标。

⑦ i 是 X 方向的每次循环移动量 (无符号, 直径量), 单位为 μm 。

⑧ k 是 Z 方向的每次切削移动量 (无符号), 单位为 μm 。

⑨ d 是刀具切削到终点后, 在槽底沿 $-Z$ 轴方向的退刀量, 注意此参数一般不设置数值, 取 0, 以免断刀。

⑩ F 是进给速度。

(2) G75 指令应用实例

工字轴如图 2-23 所示, 程序见表 2-11。

表 2-11 G75 指令应用实例

程 序	说 明
O0011;	程序名
N10M03S130;	主轴正转
N20T0303;	调 3 号刀
N30G00X100Z125G99;	定起刀点
N40G00X42Z41;	定切槽的起刀点
N50G75R1;	设置切槽参数, 切槽
N60G75X20Z25P1000Q3000F0.05;	
N70G00X100Z125;	回起刀点
N80M05;	停主轴
N90M30;	程序结束

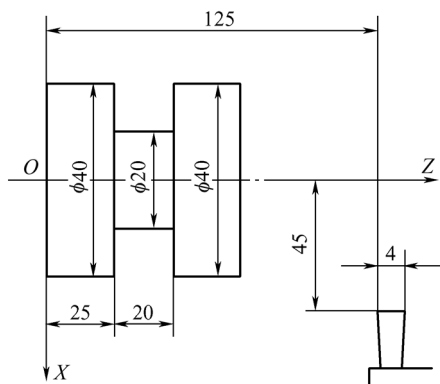


图 2-23 工字轴

16. 螺纹切削复合循环指令 G76

(1) 格式及说明

格式: G76 P (m) (r) (a) Q (Δd_{\min}) R (d);

G76 X (U) _ Z (W) _ R (i) P (k) Q (Δd) F (L);

说明:

① G76 指令执行图如图 2-24 所示。

② m 是精加工的重复次数, 取值范围是 1 ~ 99。

③ r 是螺纹倒角量。

④ a 是刀尖的角度 (螺纹牙的角度), 可以选择 80° 、 60° 、 55° 、 30° 、 29° 、 0° 共 6 种角度。

⑤ Δd_{\min} 是最小切入量。当一次切入量 ($\Delta d \times \sqrt{n} - \Delta d \times \sqrt{n-1}$) 比 Δd_{\min} 还小时, 则用 Δd_{\min} 作为一次切入量。该指定是模态的, 在下次被指定前均有效, 单位为 μm 。

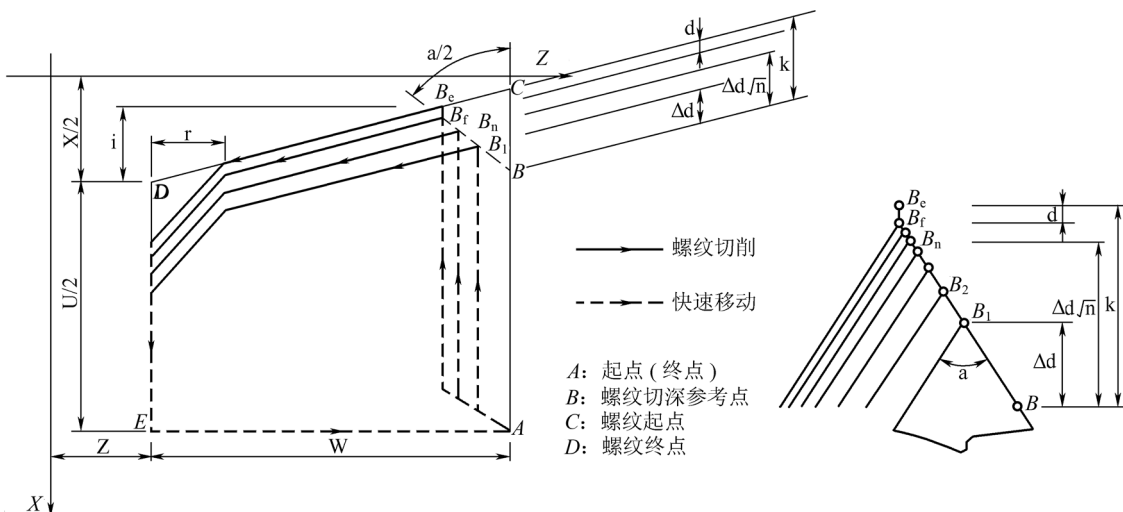


图 2-24 G76 指令执行图



⑥ d 是精加工余量。此指定是模态的，在下次被指定前均有效。并且用参数 NO.091 也可以设定，用程序指令也可改变参数值，单位为 mm 。

⑦ i 是车锥螺纹时，两端的半径差， $i=0$ 为切削直螺纹。

⑧ k 是螺纹牙高（ X 轴方向的距离，用半径值指令），单位为 μm 。

⑨ Δd 是第一次切入量（半径值），单位为 μm 。

⑩ L 是螺纹导程，单位为 mm 。

(2) G76 指令应用实例

螺纹轴如图 2-25 所示，程序见表 2-12。

表 2-12 G76 指令应用实例

程 序	说 明
O0012;	程序名
N10 M03S400;	主轴正转
N20 T0101;	调 1 号刀
N30 G00X100Z100;	定起刀点
N40 G00X22Z3;	定螺纹的起刀点
N50 G76P020060Q100R100;	设置螺纹加工参数，车螺纹
N60 G76X18.05Z-17P975Q400F1.5;	
N70 G00X100Z100;	回起刀点
N80 M05;	停主轴
N90 M30;	程序结束

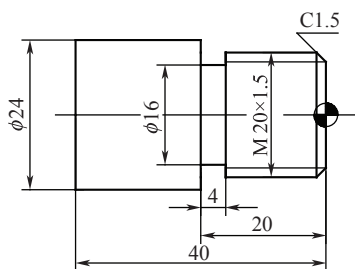


图 2-25 螺纹轴

17. 复合型固定循环（G70 ~ G75）的注意事项

① 在指定复合型固定循环的程序段中， P 、 Q 、 X 、 Z 、 U 、 W 、 R 等必要的参数，在每个程序段中必须正确指令。

② 在 $G71$ 、 $G72$ 、 $G73$ 指令的程序段中，如果通过 P 指令顺序号，那么对应此顺序号的程序段必须指令 $G00$ 或 $G01$ ，否则 P/S 报警（ $N965$ ）。

③ 在 MDI 方式中，不能执行 $G70$ 、 $G71$ 、 $G72$ 、 $G73$ 指令。如果指令了，则 P/S 报警，在此方式中 $G74$ 、 $G75$ 可以执行。

④ 在指令 $G70$ 、 $G71$ 、 $G72$ 、 $G73$ 的程序段中，以及这些程序段中的 P 和 Q 顺序号之间的程序段中，不能指令 $M98$ 和 $M99$ 。

⑤ 在 $G70$ 、 $G71$ 、 $G72$ 、 $G73$ 程序段中，用 P 和 Q 指令顺序号的程序段范围内，不能有



G04、M98、M99 指令。

⑥ 在 G70、G71、G72、G73 程序段中，用 P、Q 指定的精加工形状的程序段组合的最后一个移动指令，不能是倒角或过渡圆，否则会出现报警。

2. 1. 3 980T 系统数控车床操作面板

1. 980T 系统数控车床操作面板

980TD 数控系统操作面板如图 2-26 所示。



图 2-26 980TD 数控系统操作面板

2. 980T 系统数控车床操作面板说明

(1) 状态指示（见表 2-13）

表 2-13 状态指示

图 标	功 能	图 标	功 能
	返回参考点指示灯		快速指示灯
	单段运行指示灯		机床锁指示灯
	辅助功能锁指示灯		空运行指示灯



(2) 编辑键盘 (见表 2-14)

表 2-14 编辑键盘

按 键	名 称	功 能 说 明
	复位键	系统复位, 进给、输出停止等
	地址键	输入地址
	双地址键	反复按键, 在两者间切换
	数字键	输入数字
	负号键	输入负号
	小数点	输入小数点
	输入键	参数、补偿量等数据输入的确定, 启动通信输入
	输出键	启动通信输出
	转换键	信息、显示的切换
	取消键	清除输入行中的内容
	编辑键	程序、字段等的插入、修改、删除
	EOB 键	输入程序段结束符
	光标移动键	控制光标移动
	翻页键	同一显示界面下页面的切换



(3) 显示菜单（见表 2-15）

表 2-15 显示菜单

菜 单 键	备 注
	进入位置界面，位置界面有相对坐标、绝对坐标、综合坐标、位置/程序 4 个页面
	进入程序界面，程序界面有程序显示、程序目录、MDI 输入 3 个页面
	进入刀偏界面，刀偏界面可显示刀补数据、宏变量
	进入报警界面，报警界面有外部信息、报警信息 2 个页面
	进入设置界面、图形界面（反复按键可在两界面间转换），设置界面有代码设置、开关设置 2 个页面，图形界面有图形参数、图形显示 2 个页面
	进入参数界面，显示系统参数
	进入诊断界面、机床面板（反复按键可在两界面间转换），诊断界面显示诊断信息及诊断参数，机床面板可进行机床软键盘操作

















(4) 机床面板（见表 2-16）

表 2-16 机床面板

按 键	名 称	功 能 说 明
	进给保持键	程序、MDI 指令运行暂停
	循环启动键	程序、MDI 指令运行启动
 进给倍率	进给倍率键	调整进给速度



续表

按 键	名 称	功 能 说 明
  快速倍率 	快速倍率键	调整快速移动速度
  主轴倍率 	主轴倍率键	调整主轴速度（主轴转速模拟量控制方式有效）
	手动换刀键	手动换刀
	润滑液开关键	机床润滑开/关
	冷却液开关键	冷却液开/关
  	主轴控制键	主轴正转、停止、反转
   	手动进给键	手动、单步操作方式 X、Z 轴正向/负向移动



续表

按 键	名 称	功 能 说 明
	快速开关	快速速度/进给速度切换
	手轮控制轴选择键	手轮操作方式 X、Z 轴选择
	手轮/单步增量选择键	手轮每格移动量和单步每步移动量
	单段开关	程序单段运行/连续运行状态切换，单段有效时单段运行指示灯亮
	机床锁住开关	机床锁住时机床锁住指示灯亮，X、Z 轴输出无效
	辅助功能锁住开关	辅助功能锁住时辅助功能锁住指示灯亮，M、S、T 功能输出无效
	空运行开关	空运行有效时空运行指示灯亮，加工程序/MDI 指令段以空运行方式运行

(5) 操作方式选择键（见表 2-17）

本系统有编辑、自动、录入、机械回零、单步/手轮、手动、程序回零 7 种操作方式。

表 2-17 操作方式选择键

按 键	名 称	功 能 说 明
	编辑方式选择键	进入编辑操作方式
	自动方式选择键	进入自动操作方式
	录入方式选择键	进入录入（MDI）操作方式
	机械回零方式选择键	进入机械回零操作方式
	单步/手轮方式选择键	进入单步或手轮操作方式（两种操作方式由参数选择其一）
	手动方式选择键	进入手动操作方式
	程序回零方式选择键	进入程序回零操作方式



3. 980T 系统数控车床显示界面

数控系统的主要信息通过显示器显示出来，显示器在屏上有位置界面、程序界面等 9 个界面，每个界面下有多个显示页面，用显示菜单键切换显示界面，用翻页键切换显示页面，显示菜单键、显示界面及页面层次结构如图 2-27 所示。

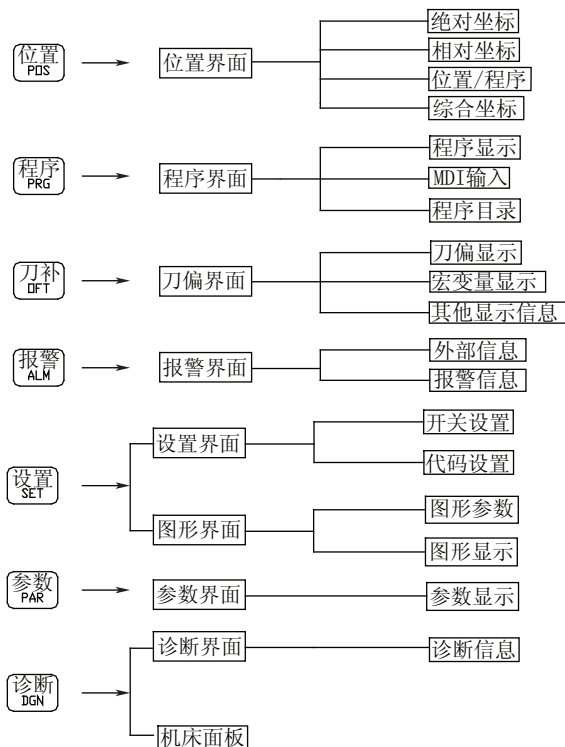


图 2-27 显示菜单键、显示界面及页面层次结构

2. 1. 4 980T 系统数控车床的操作

1. 开机

(1) 系统通电

操作步骤：

- ① 按下电源开按钮，接通机床控制系统电源。
- ② 按下电源关按钮，关闭机床控制系统电源。

系统通电后显示页面如图 2-28 所示。

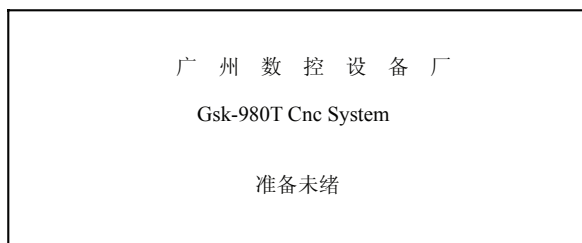


图 2-28 系统通电后显示页面



此时系统自检、初始化，若自检发现故障，则停留在图 2-28 中的页面，按任意键进入报警页面显示相关的报警信息。系统自检正常、初始化完成后，显示现在位置（相对坐标）页面，如图 2-29 所示。


(2) 返回机床参考点

操作步骤：

① 按返回机床参考点选择键，选择回参考点操作方式，这时显示页面右下角显示“机械回零”，按机械回零方式选择键。

② 回参考点后，返回参考点指示灯亮。

2. 手动方式

按下手动方式选择键，按手动进给键，机床沿着选择的方向运行，结合快速开关键也可获得快速移动。

3. 手轮进给方式




转动手摇脉冲发生器，按下相应的方向选择键和移动增量键，可以使坐标轴进给。

4. 录入方式

在录入操作方式下，可进行指令字的输入、指令字的执行和参数的设置。

例如，选择录入操作方式，进入程序页面，输入一个程序段 G50 X50 Z100，并执行，操作步骤如下。

① 按键进入录入操作方式。

② 按键（必要时再按键或键）进入录入操作方式页面，如图 2-30 所示。

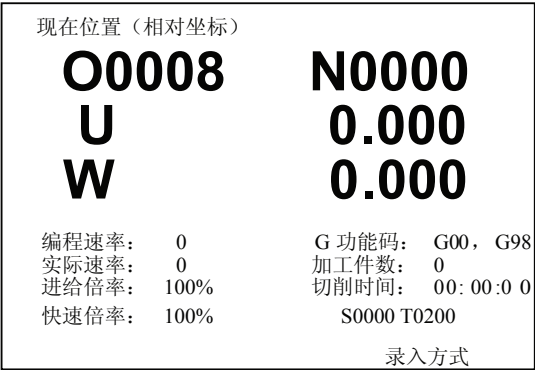


图 2-29 显示现在位置（相对坐标）页面

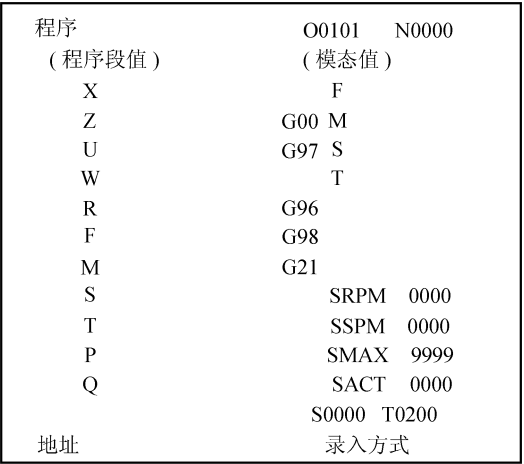











图 2-30 进入录入操作方式页面

③依次按地址键、数字键、及键，页面显示如图 2-31 所示。

④ 依次按地址键、数字键、、及键。

⑤ 依次按地址键、数字键、及键。

执行完上述操作后，页面显示如图 2-32 所示。



程序	O0101 N0000
(程序段值)	(模态值)
G50 X	F
Z	G00 M
U	G97 S
W	T
R	G96
F	G98
M	G21
S	SRPM 0000
T	SSPM 0000
P	SMAX 9999
Q	SACT 0000
	S0000 T0200
地址	录入方式

图 2-31 录入操作方式页面

程序	O0101 N0000
(程序段值)	(模态值)
G50 X	50.000 F
Z	100.000 G00 M
U	G97 S
W	T
R	G96
F	G98
M	G21
S	SRPM 0000
T	SSPM 0000
P	SMAX 9999
Q	SACT 0000
	S0000 T0200
地址	录入方式

图 2-32 录入操作方式页面

⑥ 指令字输入后，按 键执行 MDI 指令字。

5. 编辑方式

在编辑操作方式下，可建立程序、输入程序、选择程序、修改程序、删除程序。

(1) 建立程序

选择编辑方式，输入文件名，按 键即可新建该程序。

(2) 检索指令字

① 扫描法：按 或 键，光标逐指令字向上或向下移动。

② 指令字检索法：从光标现在的位置开始，向上或向下检索指定的指令字。

③ 返回程序开头的方法：在编辑操作方式程序显示页面中，按 键，光标回到程序开头。

(3) 调出程序

当要调出程序进行应用时，按以下步骤进行操作：选择编辑方式（当要对程序进行修改时）或选择自动方式（当需要运行加工程序时），按 键，输入程序名，按 键可调出需要的程序进行应用。

(4) 删除程序

① 当需要删除已存在的程序时，选择编辑方式，输入文件名，按 键即可删除该程序。

② 当需要删除全部已经存在的程序时，选择编辑方式，按 键，输入 0 ~ 9999 文件名，按 键即可删除全部程序。

2.2 华中（HNC—21/22T）数控系统

2.2.1 华中（HNC—21/22T）系统数控车床系统功能

1. 准备功能

准备功能主要用来指令机床或数控系统的工作方式。该系统的准备功能由地址符 G 和其最后一位或两位数字组成，它用来指定刀具和工件的相对运动轨迹、机床坐标系、坐标平



面、刀具补偿、坐标偏置等多种加工操作。具体的 G 指令代码见表 2-18。

表 2-18 华中 (HNC—21/22T) 数控系统 G 指令代码

G 指令	组号	功 能	G 指令	组号	功 能
G00	01	快速定位	G56	11	设置工件坐标系
* G01		直线插补	G57		设置工件坐标系
G02		顺时针圆弧插补	G58		设置工件坐标系
G03		逆时针圆弧插补	G59		设置工件坐标系
G04	00	暂停	G71	06	内外径粗车复合循环
G20	08	英制单位设定	G72		端面粗车复合循环
* G21		公制单位设定	G73		封闭切削复合循环
G28	00	从中间点返回参考点	G76		螺纹切削复合循环
G29		从参考点返回	* G80	01	内外径车削固定循环
G32	01	螺纹切削	G81		端面车削固定循环
* G36	07	直径编程	G82		螺纹切削固定循环
G37		半径编程	G90	13	绝对值编程
* G40	09	取消刀尖半径补偿	G91		相对值编程
G41		刀尖半径左补偿	G92	00	工件坐标系设定
G42		刀尖半径右补偿	* G94	14	每分钟进给
G53	00	机床坐标系设定	G95		每转进给
* G54	11	设置工件坐标系	G96	16	恒线速控制
G55		设置工件坐标系	* G97		取消恒线速控制

G 指令根据功能的不同分为若干组,其中 00 组的 G 功能称为非模态 G 功能,指令只在所规定的程序中有效,程序段结束时被注销。其余组的代码称为模态 G 功能,这些功能一旦被执行,则一直有效,直到被同组的 G 功能注销为止。表中带 * 号的 G 功能,通电时将被初始化。

2. 辅助功能

辅助功能也称 M 功能,主要用于控制零件程序的走向,以及机床各种辅助功能的开关动作,如主轴的开、停,切削液的开、关等。具体的 M 指令代码见表 2-19。

表 2-19 华中 (HNC—21/22T) 数控系统 M 指令代码

M 代码	说 明	功 能	M 代码	说 明	功 能
M00	非模态	暂停,待再按循环启动键执行	M07	模态	冷却液开
M02	非模态	主程序结束	M09	模态	冷却液关
M03	模态	主轴正转	M30	非模态	主程序结束
M04	模态	主轴反转			返回程序起点
M05	模态	主轴停止	M98	非模态	调用子程序
M06	非模态	换刀	M99	非模态	子程序结束回主程序



2.2.2 华中（HNC—21/22T）系统常用编程指令

由于指令 G01、G02、G03 及 S、T、M 等功能与前面所讲的 980T 系统的指令 G01、G02、G03 及 S、T、M 等功能意义相同，在此就不再重复讲解。

1. 选择工件坐标系（零点偏移）指令 G54 ~ G59

工件坐标系是编程人员为了编程方便而设定的坐标系。G54 ~ G59 指令与 G92 指令都是用于设定工件坐标系的，但 G92 指令是根据当前刀具位置并通过程序来建立工件坐标系的。G92 指令所设定的工件原点与当前刀具所处的位置有关，这一工件原点在机床坐标系中的位置是随当前刀具位置的不同而改变的。

有时编程人员在编写程序时，需要确定工件与机床坐标系之间的关系。为了编程方便，系统允许编程人员使用 6 个特殊的工件坐标系。这 6 个工件坐标系可以预先通过 CRT/MDI 操作面板在参数设定方式下设定，并在程序中用 G54 ~ G59 来选择它们。工件坐标系一旦选定，后继程序段中绝对编程时的指令值均为相对此坐标系原点的值。

G54 ~ G59 设定的工件原点在机床坐标系中的位置是不变的，在系统断电后也不破坏，再次开机后仍有效，并与刀具的当前位置无关，除非再通过 CRT/MDI 方式更改。使用 G54 ~ G59 时，操作者在安装工件后，测量工件原点相对于机床原点的偏置量，并把工件坐标系在各轴上相对于机床坐标系的位置偏置量，输入工件坐标偏置存储器中，其后系统在执行程序时，就可以按照工件坐标系中的坐标值来运动了。

如图 2-33 所示，使用工件坐标系编程，要求刀具从当前点移动到 A 点，再从 A 点移动到 B 点。可采用 G54 ~ G59 指令，程序如下。

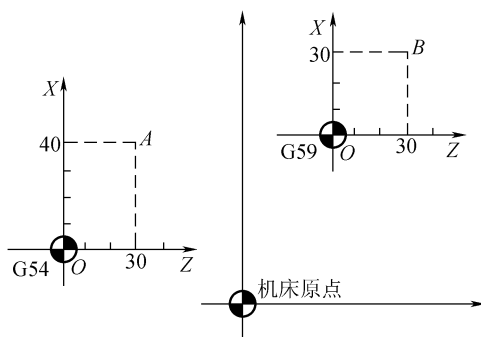


图 2-33 G54 指令的应用

```
% 1111
N01 G54 G00 G90 X40 Z30
N02 G59
N03 G00 X30 Z30
N04 M30
```

注意：

- ① 使用该组指令前，先用 MDI 方式输入各坐标系的坐标原点在机床坐标系中的坐标值。
- ② 使用该组指令前，必须先回参考点。



2. 端面车削固定循环指令 G81

(1) 车削柱面

格式: G81 X (U) __ Z (W) __ F __;

说明: 如图 2-34 所示, 刀具从循环起点开始按 3R→2F→1F→4R 进行循环, 最后又回到循环起点。图中, R 表示快速移动, F 表示按指定的 F 值进行移动。X、Z 为圆柱面切削终点在工件坐标系中的坐标值 (即绝对坐标编程); U、W 为圆柱面切削终点相对循环起点的坐标增量 (即增量坐标编程)。

(2) 车削锥面

格式: G81 X (U) __ Z (W) __ K __ F __;

说明:

① K 的取值与切削方向有关, K 为切削起点与圆锥端面切削终点的轴向增量。

② 如图 2-35 所示为 G81 指令车削锥面时的循环动作情况。刀具从循环起点开始按 1R→2F→3F→4R 进行循环, 最后又回到循环起点。

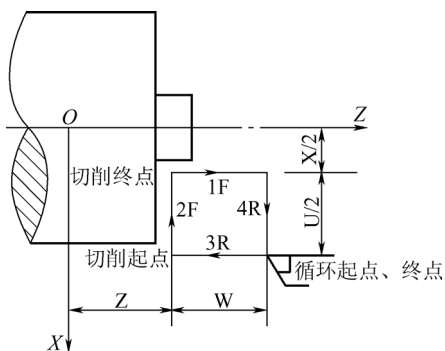


图 2-34 G81 指令车削柱面

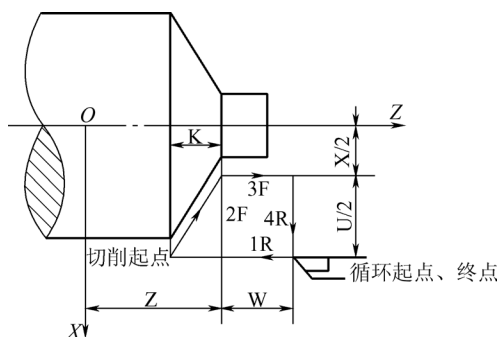


图 2-35 G81 指令车削锥面

(3) G81 指令应用实例

台阶轴如图 2-36 所示, 程序见表 2-20。

表 2-20 G81 指令应用实例

程 序	说 明
%0001	程序号
N10 M03 S500	主轴以 500rpm 正转
N20 T0101	调 1 号刀
N30 G00 X100.0 Z100.0	快速定安全位置起刀点
N40 G00 X35.0 Z20.0 G95	定端面切削循环起刀点 A
N50 G81 X20.0 Z14.0 F0.3	A → B → C → D → A
N60 Z12.0	A → E → F → D → A
N70 Z10.0	A → G → H → D → A
N80 M03 S800 T0101	主轴正转
N80 G81 X20.0 Z10.0 F0.1	精车端面
N100 G0 X100.0 Z100.0	回起刀点
N110 M05 T0100	主轴停止, 取消刀补
N120 M30	程序结束

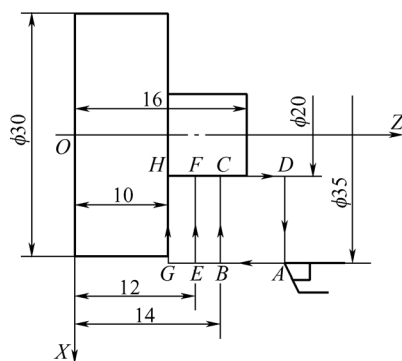


图 2-36 台阶轴

3. 外圆或内圆单一固定车削循环指令 G80

(1) 车削内、外圆柱面

格式: G80 X (U) __ Z (W) __ F __;

说明: 图 2-37 为车削柱面时, G80 指令的循环线路图。刀具从循环起点开始按 1R→2F→3F→4R 进行循环, 最后回到循环起刀点。图中 R 表示快速移动, F 表示按指定的 F 值进行移动。X、Z 为圆柱面切削终点在工件坐标系中的坐标值 (即绝对坐标编程), U、W 为圆柱面切削终点相对循环起点的坐标增量 (即增量坐标编程)。

(2) 车削内、外圆锥面

格式: G80 X (U) __ Z (W) __ I __ F __;

说明: 图 2-38 为车削锥面时, G80 指令的循环线路图。刀具从循环起点开始按 1R→2F→3F→4R 进行循环, 最后回到循环起刀点。I 为切削起点与圆锥面切削终点的半径差 (顺锥时为负值)。

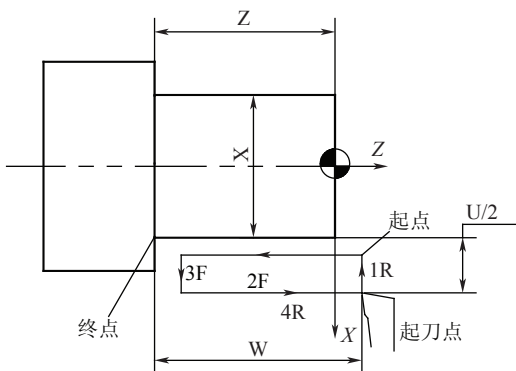


图 2-37 G80 指令车削柱面

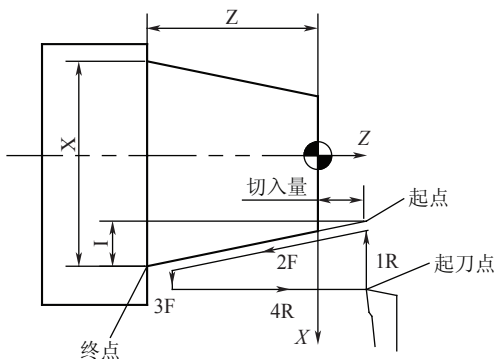


图 2-38 G80 指令车削锥面

(3) G80 指令应用实例

台阶轴如图 2-39 所示, 程序见表 2-21。



表 2-21 G80 指令应用实例

程 序	说 明
%0002	程序名
N10 M03 S500	主轴正转
N20 T0101	调 1 号刀
N30 G00 X100.0 Z100.0	快速定起刀点
N40 G00 X40.0 Z50.0 G95	定粗车外圆切削循环起刀点 A
N50 G80 X30.0 Z15.0 F0.3	A → D → C → B → A
N60 X25.0	A → F → E → B → A
N70 X20.5	A → H → G → B → A
N80 M03 S800	主轴正转
N90 T0101	调 1 号刀
N100 G80 X20.0 Z15.0 F0.1	精车外圆
N110 G00 X100.0 Z100.0	回起刀点
N120 M05 T0100	主轴停止，取消刀补
N130 M30	程序结束

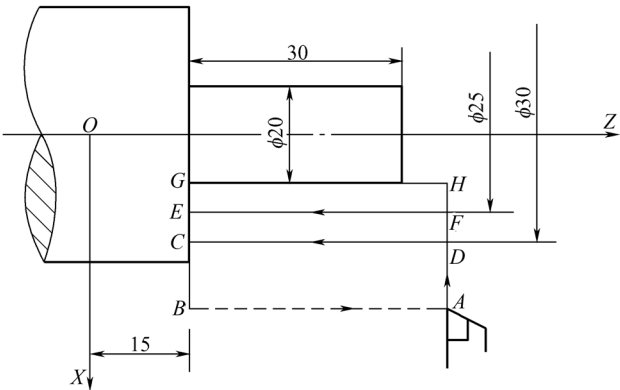


图 2-39 台阶轴

4. 螺纹切削单一循环指令 G82

(1) 格式

圆柱螺纹切削：G82 X (U) __ Z (W) __ R __ E __ C __ P __ F __ 圆锥螺纹切削：G82 X (U) __ Z (W) __ I __ R __ E __ C __ P __ F __

(2) 说明

- ① 该指令可切削圆柱螺纹和圆锥螺纹。如图 2-40 所示为车削圆锥螺纹循环图，刀具从循环起点 A 开始，按 A→B→C→D→A 进行自动循环。
- ② X、Z 在绝对值编程时，为螺纹终点在工件坐标系中的坐标。
- ③ U、W 在增量值编程时，为螺纹终点相对螺纹切削起点的增量。
- ④ I 是切削起点与圆锥面切削终点的半径差。
- ⑤ R、E 是螺纹切削的退尾量，R 为 Z 向退尾量，E 为 X 向退尾量，R、E 在绝对或增量编程时都是以增量方式指定的，如正表示沿 Z、X 正向回退，如负表示沿 Z、X 负向回退。不要退尾量时，可省略。
- ⑥ C 是螺纹线数，0 或 1 时为切削单线螺纹，可省略。



⑦ P 在单线螺纹切削时, 为主轴基准脉冲处距离切削起点的主轴转角 (默认值为 0); 在多线螺纹切削时, 为相邻螺纹线的切削起点之间对应的主轴转角。

⑧ F 是螺纹导程, 即主轴每转一圈, 刀具相对工件的移动量。

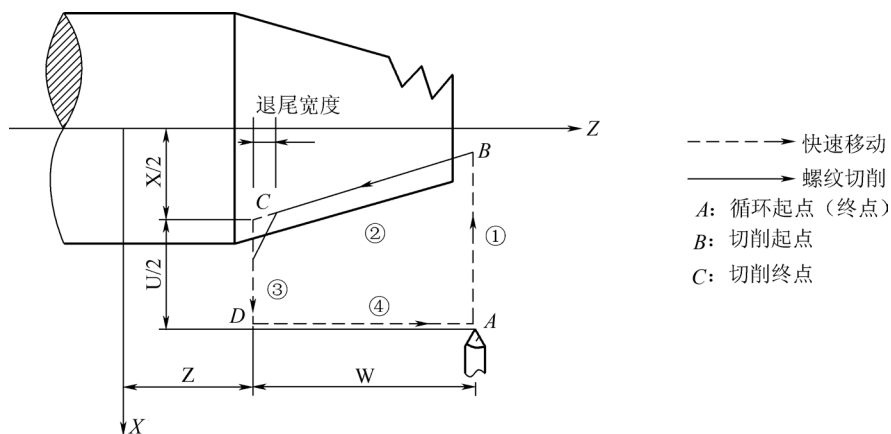


图 2-40 G82 指令车削圆锥螺纹循环图

(3) 循环过程 (如图 2-40 所示)

- ① X 轴从循环起点 A 快速移动到切削起点 B 。
- ② 从切削起点 B 螺纹插补到切削终点 C 。
- ③ X 轴以快速移动速度退刀 (与①方向相反), 返回到 X 轴绝对坐标与起点相同处, 即图中的 D 点。
- ④ Z 轴快速移动返回到循环起点 A , 循环结束。

5. 螺纹切削复合循环指令 G76

(1) 格式及说明

格式: $G76\ C(c)\ R(r)\ E(e)\ A(a)\ X(x)\ Z(z)\ I(i)\ K(k)\ U(d)\ V(\Delta d_{\min})\ Q(\Delta d)\ P_F_$

该指令执行图如图 2-41 所示。

说明

- ① C 是最后精加工的重复次数 ($1 \sim 99$)。
- ② r 是螺纹 Z 向退尾长度 ($00 \sim 99$)。
- ③ E 是螺纹 X 向退尾长度 ($00 \sim 99$)。
- ④ a 是刀尖的角度 (螺纹牙的角度), 可以选择 80° 、 60° 、 55° 、 30° 、 29° 、 0° 共 6 种角度。

⑤ X 、 Z 是绝对值编程时, 为螺纹终点在工件坐标系中的坐标; 在增量值编程时, 为螺纹切削终点相对于循环起点的增量。

⑥ i 是锥螺纹起点与终点的半径差, $i=0$ 为切削直螺纹。

⑦ k 是螺纹牙高 (X 轴方向的距离用半径值指定)。

⑧ Δd_{\min} 是最小切入量。当一次切入量 ($\Delta d \times \sqrt{n} - \Delta d \times \sqrt{n-1}$) 比 Δd_{\min} 还小时, 则用 Δd_{\min} 作为一次切入量。该指定是模态的, 在下次被指定前均有效。



- ⑨ d 是精加工余量。此指定是模态的，在下次被指定前均有效。
 - ⑩ Δd 是第一次切入量（半径量）。
 - ⑪ P 、 L 的意义与 $G82$ 相同。
- (2) $G82$ 、 $G76$ 指令应用实例

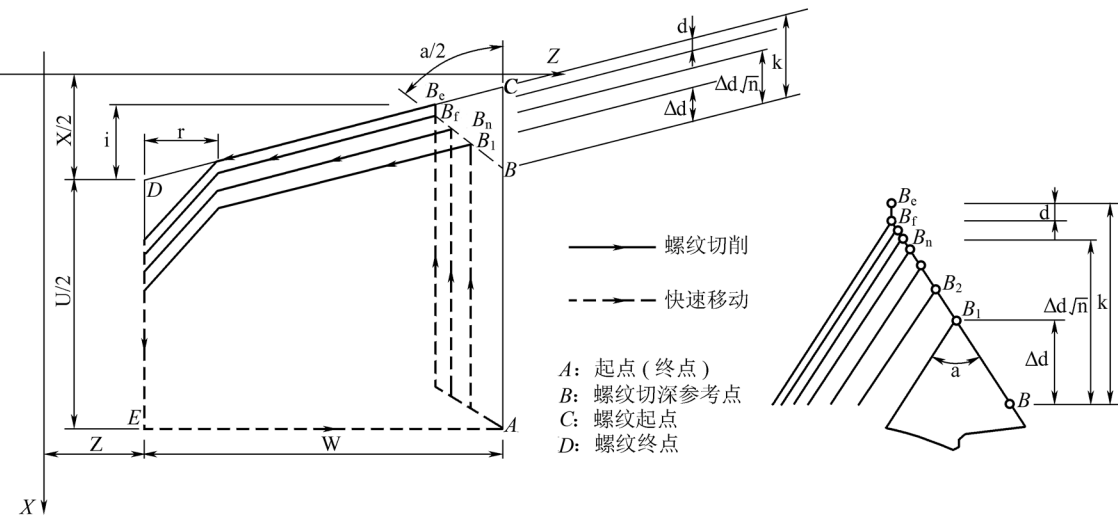


图 2-41 $G76$ 指令执行图

螺纹轴如图 2-42 所示，程序见表 2-22。

表 2-22 $G82$ 、 $G76$ 指令应用实例

使用 $G82$ 指令编程	使用 $G76$ 指令编程
%0008	%0009
N10 M03 S400	N10 M03 S400
N20 T0101	N20 T0101
N30 G00 X100 Z100	N30 G00 X100 Z100
N40 G00 X22 Z3	N40 G00 X22 Z3
N50 G82 X19 Z - 18 F1.5	N50 G76 C2 A60 X18.05 Z - 18 K0.975 U0.1 V0.1 Q0.4 F1.5
N60 G82X18.4Z - 18 F1.5	N60 G00X100 Z10
N70 G82X18.1Z - 18 F1.5	N70 M05
N80 G82X18.05Z - 18F1.5	N80 M30
N90 G00X100 Z100	
N100 M05	
N110 M30	

6. 内、外圆粗车复合循环指令 $G71$

运用复合循环指令，只要指定精加工路线和粗加工的背吃刀量，系统会自动计算粗加工路线和走刀次数。

(1) 无凹槽加工时

格式： $G71\ U\ (\Delta d)\ R\ (r)\ P\ (ns)\ Q\ (nf)\ X\ (\Delta x)\ Z\ (\Delta x)\ F\ __$

该指令执行图如图 2-43 所示，精加工路线为 $A' \rightarrow B' \rightarrow B$ 的轨迹。



说明:

① Δd 是粗加工切削切深, 无符号。切入方向由 AA' 方向决定 (半径值指定)。该指定是模态的, 一直到下个指定以前均有效。

② r 是退刀量。模态值, 在下次指定前均有效。

③ ns 是精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。

④ nf 是精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

⑤ Δx 是 X 轴方向精加工余量的距离及方向 (半径指定)。

⑥ Δz 是 Z 轴方向精加工余量的距离及方向。

圆锥台阶轴如图 2-44 所示, 程序见表 2-23。

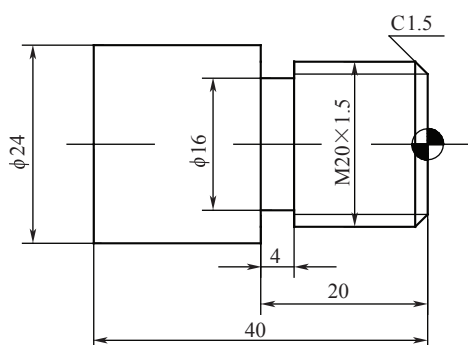


图 2-42 螺纹轴

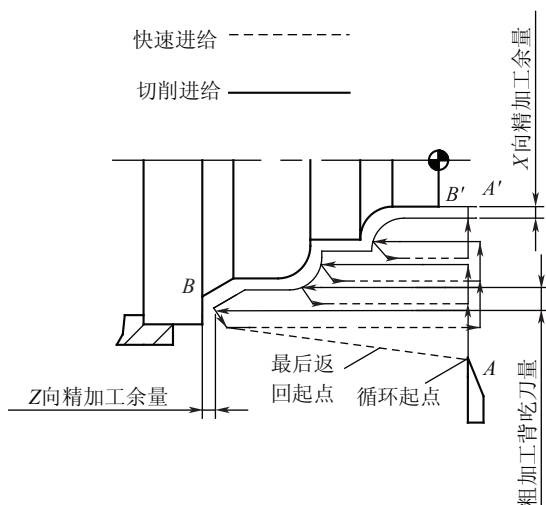


图 2-43 无凹槽加工时的 G71 指令执行图

表 2-23 无凹槽加工时 G71 指令应用实例

程 序	说 明
<pre>%0010 N05 M03 S500; N10 T0101; N20 G00 X100 Z100; N30 G00 X40 Z2 G95; N40 G71 U1.5 R1 P70 Q140 X0.6 Z0.1 F0.3; N50 G00 X100 Z100; N60 M03 S1000 T0202 N70 G00 X16 Z1; N80 G01 Z0 F0.1; N90 G01 X24 Z-15; N100 G01 X24 Z-30; N110 G01 X26; N120 G01 X26 Z-40; N130 G01 X36; N140 G01 X36 Z-50; N150 G00 X100 Z100; N160 M05; N170 M30;</pre>	<p>程序名</p> <p>主轴以 500rpm 正转</p> <p>换 1 号刀, 确定其坐标系</p> <p>到程序起点或换刀点位置</p> <p>到循环起点位置</p> <p>粗车各外圆</p> <p>返回换刀点</p> <p>主轴以 1000rpm 正转, 调 2 号精车刀</p> <p>N70 精加工轮廓起点</p> <p>N70 ~ N140 为精加工程序段</p> <p>N140 精加工轮廓终点</p> <p>返回起刀点</p> <p>主轴停</p> <p>主程序结束并复位</p>

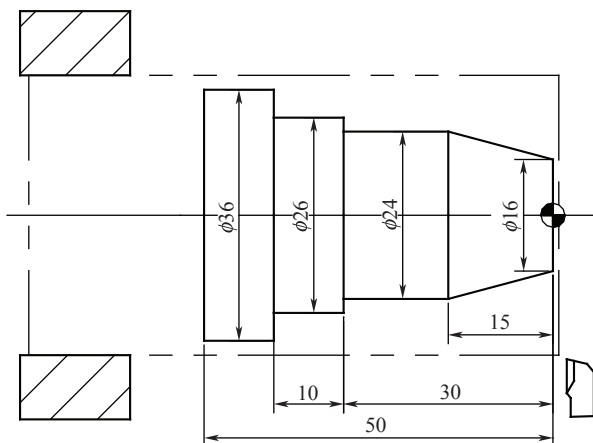


图 2-44 圆锥台阶轴

(2) 有凹槽加工时

格式: G71 U (Δd) R (r) P (ns) Q (nf) E (e) F (f) S (s) T (t)

该指令执行图如图 2-45 所示, 其中精加工路线为 $A' \rightarrow B'$ 的轨迹。 Δd 、 r 、 ns 、 nf 参数含义同无凹槽加工时。 e 为精加工余量, 为 X 方向的等高距离, 外径切削时为正, 内径切削时为负。

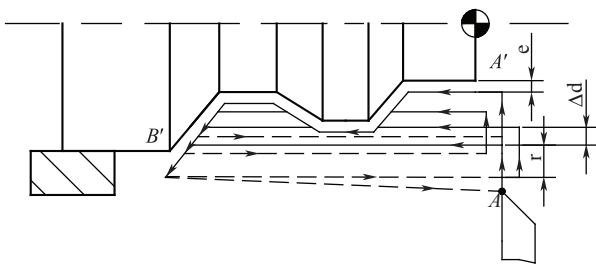


图 2-45 有凹槽加工时的 G71 指令执行图

注意:

① 在 G71 循环中, 顺序号 $ns \sim nf$ 之间程序段中的 F、S、T 功能都无效, 全部忽略, 仅在 G71 指令的程序段中, F、S、T 是有效的。

② G71 指令必须带有 P、Q 地址 ns 、 nf , 且与精加工路线起、止顺序号对应, 否则不能进行该循环加工。

③ 在第一段必须由 G00 或 G01 指令来指定。

双凹形轴如图 2-46 所示, 程序见表 2-24。



表 2-24 有凹槽加工时 G71 指令应用实例

程 序	说 明
%3333	程序名
N05 M03 S400	主轴以 400rpm 正转
N10 T0101	换 1 号刀, 确定其坐标系
N20 G00 X100 Z100	到程序起点或换刀点位置
N30 G00 X42 Z3 G95	到循环起点位置
N40 G71 U1 R1 P80Q190 E0.3 F0.3	有凹槽粗切循环加工
N50 G00 X100 Z100	粗加工后, 到换刀点位置
N60 M03 S1000	主轴以 1000rpm 正转
T0202	换 2 号刀, 确定其坐标系
N70 G00 G42 X42 Z3	2 号刀加入刀尖圆弧半径补偿
N80 G01 X16 Z0 F0.5	精加工轮廓开始, 到倒角起点
N90 G01 X20 Z-2 F0.1	精加工 $2 \times 45^\circ$ 倒角
N100 Z-8	精加工 $\phi 20$ 外圆
N110 G02 X28 Z-12 R4	精加工 R4 圆弧
N120 G01 Z-17	精加工 $\phi 28$ 外圆
N130 X18 W-5	精加工下切锥
N140 W-8	精加工 $\phi 18$ 外圆槽
N150 X26.66 W-2.5	精加工上切锥
N160 Z-37.5	精加工 $\phi 26.66$ 外圆
N170 G02 X30.66 W-14 R10	精加工 R10 下切圆弧
N180 G01 W-10	精加工 $\phi 30.66$ 外圆
N190 X40	退出已加工表面, 精加工轮廓结束
N200 G00 G40 X100 Z100	取消半径补偿, 返回换刀点位置
N210 M05	主轴停
N220 M30	主程序结束并复位

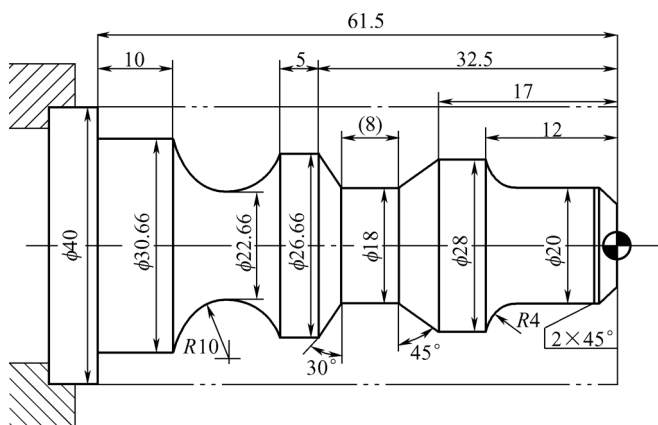


图 2-46 双凹形轴



7. 封闭车削复合循环指令 G73

(1) 格式及说明

格式: G73 U (Δi) W (Δk) R (r) P (ns) Q (nf) X (Δx) Z (Δz) F __

该指令在切削工件时, 刀具轨迹是如图 2-47 所示的封闭回路, 刀具逐渐进给, 使封闭切削回路逐步向零件最终形状靠近, 最终切削出工件的形状, 其精加工路线为 $A \rightarrow A' \rightarrow B' \rightarrow B$ 。该指令适合车削铸造、锻造等粗加工中已初步成形的工件, 效率较高。

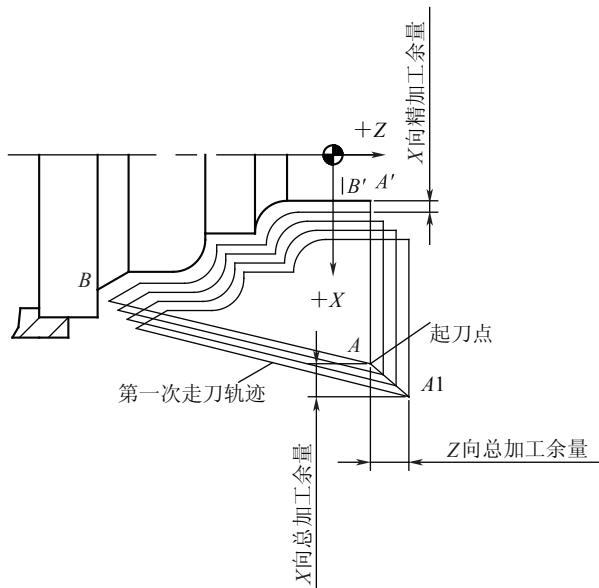


图 2-47 G73 指令执行图

说明:

① Δi 表示 X 轴方向退刀的距离及方向 (半径量指定)。 Δi 为循环加工中最大的半径与最小的半径之差。单位为 mm。

② Δk 表示 Z 轴方向退刀的距离及方向。不设定时 (即 $\Delta k = 0$), 可省略。单位为 mm。

③ r 是分刀加工的次数。这个值根据 Δi 来确定每次吃刀的大小。

④ ns 是精加工形状程序段群的第一个程序段的顺序号。

⑤ nf 是精加工形状程序段群的最后一个程序段的顺序号。

⑥ Δx 表示 X 轴方向精加工余量的距离及方向 (半径量指定)。

⑦ Δz 表示 Z 轴方向精加工余量的距离及方向。

注意: 在 G73 循环中, 顺序号 ns ~ nf 之间程序段中的 F 功能都无效, 全部忽略, 仅在 G73 指令的程序段中, F 是有效的。

(2) G73 指令应用实例

手柄如图 2-48 所示, 程序见表 2-25。



表 2-25 G73 指令应用实例

程 序	说 明
%0010 N05 M03 S500 N10 T0101 N20 G00 X100 Z100 N30 G00 X26 Z1G95 N40 G73 U12 W0.5 R10 P80 Q120 X0.8 Z0.1 F0.3 N50 G00 X100 Z100 N60 M03 S1000 N70 G00 X26 Z1 G95 N80 G01 X0 Z0 F0.5 N90 G03 X14.77 Z-4.92 R8 F0.1 N100 G03 X21.2 Z-44.8 R60 N110 G02 X24 Z-73.44 R40 N120 G01 Z-83.44 N130 G00 X100 Z100 N140 M05 N150 M30	程序名 主轴以 500rpm 正转 换 1 号刀，确定其坐标系 到程序起点或换刀点位置 到循环起点位置 G73 指令设置粗车外圆模式参数 N80 ~ N120 为精车轨迹程序段 快速回起刀点 主轴停 主程序结束并复位

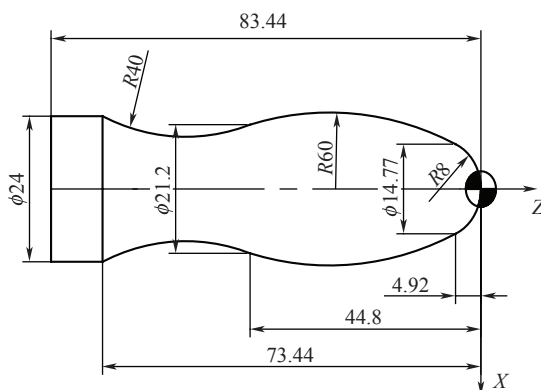


图 2-48 手柄

8. 刀具补偿功能指令

刀具补偿功能是数控车床的主要功能之一。它分两类：刀具的偏移（即刀具长度补偿）和刀尖圆弧半径补偿。

(1) 刀具的偏移

刀具的偏移是指当车刀刀尖位置与编程位置（工件轮廓）存在差值时，可以通过设定刀具补偿，使刀具在 X 、 Z 轴方向加以补偿。它是操作者控制工件尺寸的重要手段之一。

刀具偏移可以根据实际需要分别或同时对刀具轴向和径向的偏移量进行修正。在程序中必须事先编入刀具及刀具补偿号，如 T0101（第一把刀，1 号刀补）。在刀补号中事先输入 X 、 Z 轴的补偿值，当程序执行 T0101 后，系统就调用了补偿值，从而实现工件加工精度的控制。



(2) 刀具半径补偿

在实际加工中,由于刀具产生磨损及精加工使车刀刀尖磨成半径不大的圆弧,另外采用标准车刀时,车刀总是具有各种规格的刀尖半径,为确保工件轮廓形状,加工时不允许刀具中心轨迹与被加工工件轮廓重合,而应与工件轮廓偏移一个半径,这种偏移称为刀具半径补偿。

在数控系统编程时,不需要计算刀具中心运动轨迹,而只按零件轮廓编程。在程序中使用刀具半径补偿编程指令,在“刀具补偿设置”窗口中设置好刀具半径,数控系统在自动运行时能自动计算出刀具中心轨迹,即刀具自动偏离工件轮廓一个刀具半径,从而加工出合格的工件轮廓。

对于后刀架(从虚轴 Y 轴的正方向往负方向看),有以下指令:

- G41 是刀具半径左补偿指令,即沿着刀具运动方向看,刀具位于工件左侧时的刀具半径补偿。
- G42 是刀具半径右补偿指令,即沿着刀具运动方向看,刀具位于工件右侧时的刀具半径补偿。
- G40 是刀具半径补偿取消指令。

注意:前刀架的车床,左、右刀具半径补偿的判别与后刀架的相反。

1) 编程格式

建立刀具半径补偿: G41 (G42) G00 (G01) X __ Z __ F __

取消刀具半径补偿: G40 G00 (G01) X __ Z __ F __

2) 注意事项

G41/G42 不带参数时,其补偿号(代表所用刀具对应的刀尖半径补偿值)由 T 代码指定。其刀尖圆弧补偿号与刀具偏置补偿号对应。

刀尖半径补偿的建立与取消只能用 G00/G01 来指定,不能用 G02/G03。

注意后刀架和前刀架 G41/G42 的区别,如图 2-49 所示。

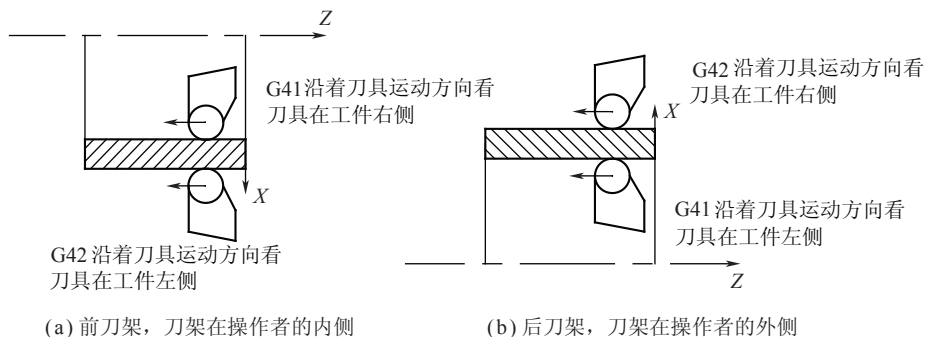


图 2-49 前后刀架 G41/G42 的区别

刀尖圆弧半径补偿寄存器中,定义了车刀圆弧半径及刀尖的方向号。车刀刀尖的方向号定义了刀具刀位点与刀具圆弧中心的位置关系,0~9 共有 10 个方向,如图 2-50 所示。

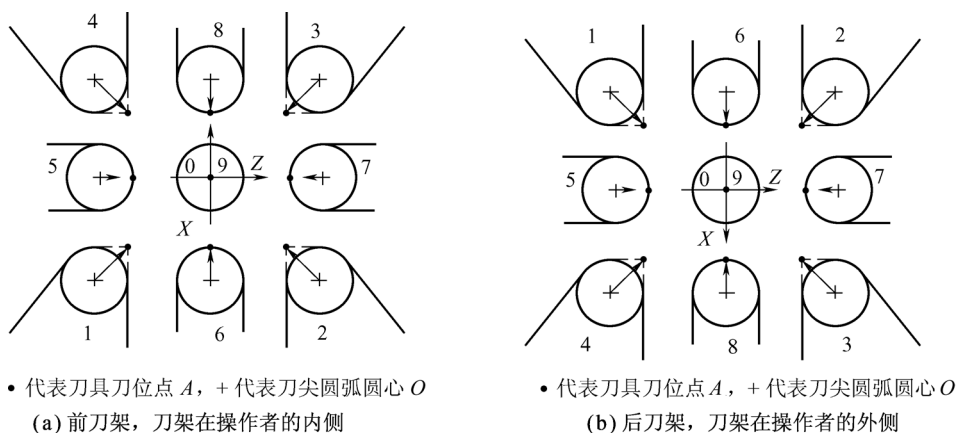


图 2-50 车刀刀尖位置关系

(3) G42 指令应用实例

凹弧螺纹轴如图 2-51 所示，程序见表 2-26。

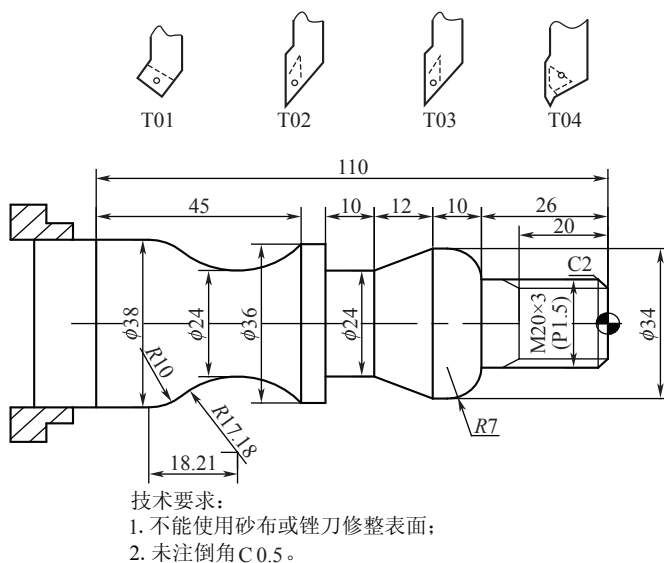


图 2-51 凹弧螺纹轴

表 2-26 G42 指令应用实例

程 序	说 明
<pre> %8888 N10 M03 S500 N20 T0101 N30 G00 X100 Z100 N40 G00 X40 Z5G95 N50 G81 X0 Z1.5 F0.1 N60 G81 X0 Z0 N70 G00 X100 Z100 </pre>	<p>程序名</p> <p>主轴以 500rpm 正转</p> <p>换 1 号端面刀，确定其坐标系</p> <p>到程序起点或换刀点位置</p> <p>到简单端面循环起点位置</p> <p>简单端面循环，加工过长毛坯</p> <p>简单端面循环，加工过长毛坯</p> <p>到程序起点或换刀点位置</p>



续表

程 序	说 明
N80 T0202	换 2 号外圆粗加工刀, 确定其坐标系
N90 G00 X40 Z3	到简单外圆循环起点位置
N100 G80 X38.5 Z-110 F0.1	简单外圆循环, 加工过大毛坯直径
N110 G01 X40	到复合循环起点位置
N120 G71 U1 R1 P160 Q320 E0.3 F0.2	有凹槽外径粗切复合循环加工
N130 G00 X100 Z10	粗加工后, 到换刀点位置
N140 M03 S1000	主轴以 1000rpm 正转
T0303	换 3 号外圆精加工刀, 确定其坐标系
N150 G00 G42 X50 Z1	到精加工始点, 加入刀尖圆弧半径补偿
N160 G01 X13.8 F0.08	精加工轮廓开始, 到倒角延长线处
N170 X19.8 Z-2	精加工倒角 C2
N180 Z-26	精加工螺纹外径
N210 G03 X34 Z-33 R7	精加工 R7 圆弧
N220 G01 Z-36	精加工 $\phi 34$ 外圆
N230 X24 Z-48	精加工下切锥面
N240 Z-58	精加工 $\phi 24$ 槽径
N250 X35	精加工 Z-58 处端面
N260 X36 Z-58.5	精加工 C0.5 倒角
N270 Z-65	精加工 $\phi 36$ 外圆
N290 G02 X32.88 W-25.13 R17.18	精加工 R17.08 圆弧凹
N300 G03 X38 W-6.67 R10	精加工 R10 圆弧
N310 G01 Z-110	精加工 $\phi 38$ 外圆
N320 G01 X40	退出已加工表面, 精加工轮廓结束
N330 G00 G40 X100 Z100	取消半径补偿, 返回换刀点位置
N340 M05	主轴停
N350 M03 S300	主轴以 300rpm 正转
N360 T0404	换 4 号螺纹刀, 确定其坐标系
N370 G00 X24 Z3	到简单螺纹循环起点位置
N380 G82 X19.3 Z-20 R-3 E1 C2 P180 F3	加工两头螺纹, 吃刀深 0.7
N390 G82 X18.9 Z-20 R-3 E1 C2 P180 F3	加工两头螺纹, 吃刀深 0.4
N400 G82 X18.7 Z-20 R-3 E1 C2 P180 F3	加工两头螺纹, 吃刀深 0.2
N410 G82 X18.7 Z-20 R-3 E1 C2 P180 F3	光整加工螺纹
N430 G00 X100 Z100	回程序起点位置
N440 M05	主轴停
N450 M30	主程序结束并复位

9. 宏指令编程

HNC—21/22T 为用户配备了强有力的类似于高级语言的宏程序功能, 用户可以使用变量进行算术运算、逻辑运算和函数的混合运算, 此外宏程序还提供了循环语句、分支语句和子程序调用语句, 利于编制各种复杂的零件加工程序, 减少乃至免除手工编程时进行的烦琐的数值计算, 并可以精简程序量。

(1) 宏变量及常量

1) 宏变量

#0 ~ #49: 当前局部变量



#50 ~ #199: 全局变量

#200 ~ #249: 0 层局部变量

#250 ~ #299: 1 层局部变量

#300 ~ #349: 2 层局部变量

#350 ~ #399: 3 层局部变量

2) 常量

PI: 圆周率 π

TRUE: 条件成立 (真)

FALSE: 条件不成立 (假)

(2) 运算符与表达式

1) 运算符

算术运算符: +, -, *, / (加、减、乘、除)

条件运算符: EQ (=), NE (\neq), GT (>), GE (\geq), LT (<), LE (\leq)

逻辑运算符: AND, OR, NOT

2) 函数

函数名称与代号见表 2-27。

表 2-27

函数名称	函数代号	举 例
正弦 (单位为 $^{\circ}$)	SIN [#j]	#1 = SIN [#2]
余弦 (单位为 $^{\circ}$)	COS [#j]	#1 = COS [#2]
正切 (单位为 $^{\circ}$)	TAN [#j]	#1 = TAN [#2]
余切 (单位为 $^{\circ}$)	ATAN [#j] / [#k]	
绝对值	ABS [#j]	#1 = ABS [#2]
平方根	SQRT [#j]	#1 = SQRT [#2]

3) 表达式

用运算符连接起来的常数和宏变量构成表达式。

例如: 175/SQRT [2] * COS [55 * PI/180];

#3 * 6 GT 14;

(3) 赋值语句

格式: 宏变量 = 常数或表达式

把常数或表达式的值赋给一个宏变量称为赋值。

例如: #2 = 175/SQRT [2] * COS [55 * PI/180];

#3 = 124.0;

(4) 条件判别语句 IF、ELSE、ENDIF

格式 1: IF 条件表达式

...

ELSE

...



ENDIF

格式 2：IF 条件表达式

...

ENDIF

(5) 循环语句 WHILE、ENDW

格式：WHILE 条件表达式

...

ENDW

(6) 宏指令应用实例

如图 2-52 所示的椭圆，其方程为 $X^2/a^2 + Z^2/b^2 = 1$ ，欲车削 1/4 椭圆（图 2-52 中实线部分）的回转轮廓线，用宏指令编制的程序见表 2-28。

表 2-28 宏指令应用实例

程 序	说 明
%8888	程序名
M03 S600	主轴以 600rpm 正转
T0101	换 1 号刀，确定其坐标系
G00 X100 Z100	到程序起点或换刀点位置
G00 X41 Z40	到循环起点位置
#1 = 40	长半轴 b
#2 = 20	短半轴 a
#3 = 40	Z 轴起始尺寸
WHILE #3 GE 0	判断是否走到椭圆终点
#4 = 20 * SQRT [#1 * #1 - #3 * #3] / 40	X 轴变量（半径量）
G01 X [2 * #4] Z [#3] F200	进给
#3 = #3 - 0.2	Z 轴步距，每次 0.2
ENDW	
G00 X100 Z100	快速回起刀点
M05	主轴停
M30	主程序结束并复位

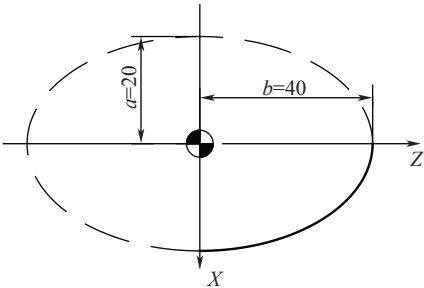


图 2-52 椭圆



2.2.3 华中（HNC—21/22 T）系统数控车床操作面板

1. 华中系统车床操作面板

华中世纪星 HNC—21T 系统是基于 PC 的车床 CNC 数控装置，是武汉华中数控股份有限公司在国家“八五”、“九五”科技攻关期间的重大科技成果之一，它是在华中 I 型（HNC—1T）高性能数控装置的基础上，为满足市场要求而开发的高性能经济型数控装置。

HNC—21T 采用彩色 LCD 液晶显示器和内装式 PLC，可与多种伺服驱动单元配套使用，具有开放性好、结构紧凑、集成度高、可靠性好、性能价格比高、操作维护方便等特点。

以下主要介绍机床操作面板组成及软件操作界面。

如图 2-53 所示为 HNC—21T 系统数控车床手轮单元。

如图 2-54 所示为 HNC—21T 系统数控车床控制面板。



图 2-53 HNC—21T 系统数控车床手轮单元



图 2-54 HNC—21T 系统数控车床控制面板

2. 华中系统软件操作界面

HNC—21T 系统的软件操作界面如图 2-55 所示，其界面由如下几个部分组成。

(1) 图形显示窗口

可以根据需要用功能键 F9 设置窗口的显示内容。此方式下，可以设置显示模式、显示值、显示坐标系、图形放大倍数、夹具中心绝对位置、内孔直径、毛坯大小等。

(2) 菜单命令条

通过菜单命令条中的功能键 F1 ~ F10 可以完成系统各功能的操作。



(3) 运行程序索引

显示自动加工中的程序名和当前程序段行号。



图 2-55 HNC—21T 系统软件操作界面

(4) 选定坐标系下的坐标值

坐标系可在机床坐标系、工件坐标系、相对坐标系之间切换。

显示值可在指令位置、实际位置、剩余进给、跟踪误差、负载电流、补偿值之间切换。

(5) 工件坐标零点

显示工件坐标系零点在机床坐标系中的坐标。

(6) 倍率修调

显示当前主轴修调倍率、进给修调倍率和快速修调倍率。

(7) 辅助机能

显示自动加工中的 M、S、T 代码。

(8) 当前加工程序行

显示当前正在或将要加工的程序段。

(9) 当前加工方式、系统运行状态及系统时钟

① 加工方式：系统加工方式根据机床控制面板上相应按键的状态可在自动运行、单段运行、手动运行、增量运行、回零、急停、复位等之间切换。

② 运行状态：系统运行状态在“运行正常”和“出错”间切换。

③ 系统时钟：显示当前系统时间。

3. 华中系统功能操作界面

华中系统功能操作界面中最重要的部分是菜单命令条，系统功能的操作主要通过菜单命令条中的功能键 F1 ~ F10 来完成。由于每个功能包括不同的操作，菜单采用层次结构，即在主菜单下选择一个菜单项后，数控装置会显示该功能下的子菜单，用户可根据该子菜单的内容选择所需的操作，如图 2-56 所示。当要返回主菜单时，按子菜单下的 F10 键即可。HNC—21T 的功能菜单结构如图 2-57 所示。

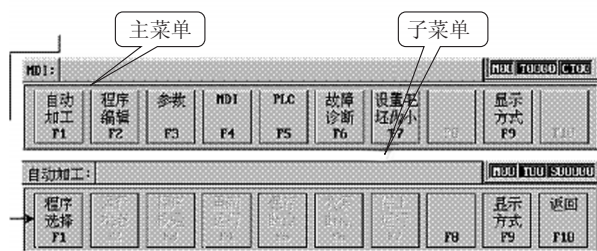


图 2-56 菜单层次

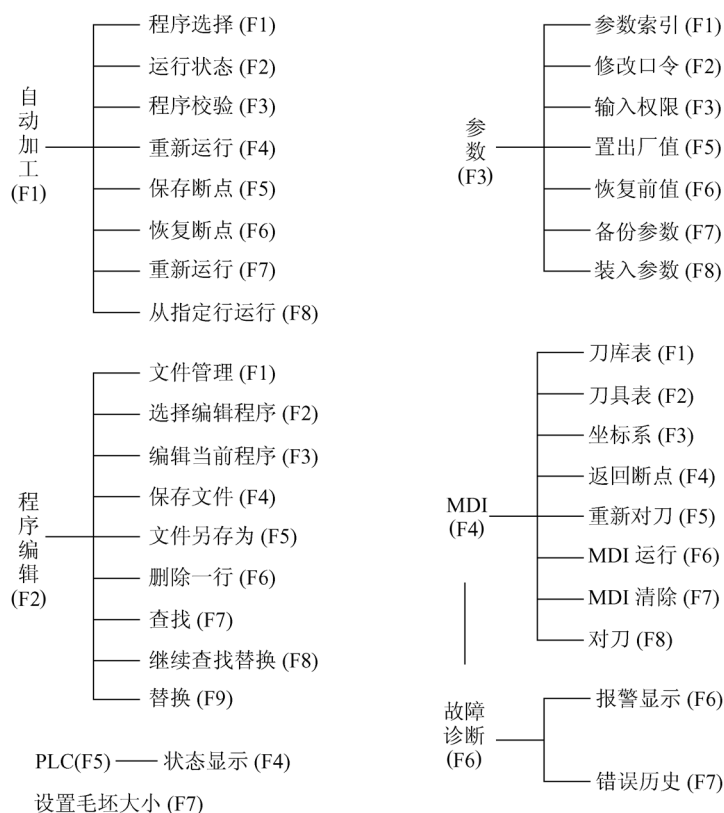


图 2-57 HNC—21T 的功能菜单结构

2.2.4 华中系统车床的操作

1. 车床手动操作

机床手动操作主要由手轮单元（如图 2-53 所示）和机床控制面板共同完成，机床控制面板如图 2-58 所示。

(1) 坐标轴移动

手动移动机床坐标轴的操作由手轮单元和机床控制面板上的方式选择、轴手动、增量倍率、进给修调、快速修调等按键共同完成。

按一下“手动”键（指示灯亮），系统处于点动运行方式。按住“+X”、“-X”、



“+Z”、“-Z”键（指示灯亮），相应轴将产生正向或负向连续移动。松开坐标轴按键（指示灯灭），相应轴即减速停止。

在点动运行方式下，同时按住X、Z方向的轴手动按键，能同时手动连续移动X、Z坐标轴。

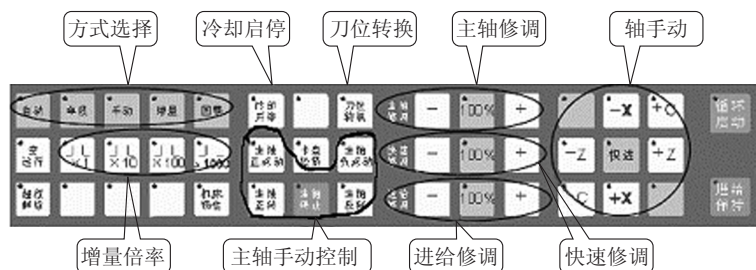


图 2-58 机床控制面板

(2) 点动快速移动

在点动进给时，若同时按住“快进”键，则产生相应轴的正向或负向快速运动。

(3) 点动进给速度选择

在点动进给时，进给速率为系统参数“最高快移速度”的1/3乘以进给修调选择的进给倍率。点动快速移动的速率为系统参数“最高快移速度”乘以快速修调选择的快移倍率。

按住进给修调或快速修调中间的“100%”键（指示灯亮），进给或快速修调倍率被置为100%。按一下“+”键，修调倍率递增5%；按一下“-”键，修调倍率递减5%。

(4) 增量进给

当手轮单元的坐标轴选择波段开关置于“OFF”挡时，按一下控制面板上的“增量”键（指示灯亮），系统处于增量进给方式；按住要移动的坐标轴“+X”、“-X”、“+Z”、“-Z”键（指示灯亮），相应轴将向正向或负向移动一个增量值；同时按住X、Z方向的轴手动键，能同时增量进给X、Z坐标轴。

(5) 手摇进给

当手轮单元的坐标轴选择波段开关置于“X”、“Y”、“Z”、“4TH”挡（对车床而言只有“X”、“Z”有效）时，按一下控制面板上的“增量”键（指示灯亮），系统处于手摇进给方式，可手摇进给机床坐标轴，手摇进给方式每次只能增量进给1个坐标轴。

2. 手动机床动作控制

在机床控制面板上有手动机床动作控制按键，主要用于主轴的手动控制、刀架手动控制、冷却液的启动和停止等操作。

3. 手动数据输入（MDI）运行

在如图2-55所示的软件操作界面下，按F4键进入MDI功能子菜单，如图2-59所示。



图 2-59 MDI 功能子菜单

在MDI功能子菜单下，按F6键，进入MDI运行方式，命令行的底色变成了白色，并且有光标在闪烁。这时可以从NC键盘输入并执行一个G代码指令段，即“MDI运行”，如图2-60所示。

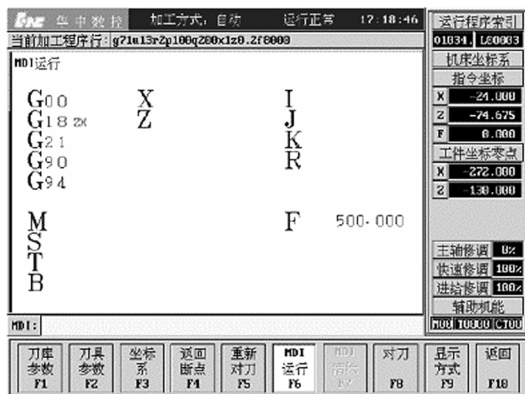


图 2-60 MDI 运行界面

在自动运行过程中，不能进入 MDI 运行方式，可在进给保持后进入。

(1) 输入 MDI 指令段

MDI 输入的最小单位是一个有效指令字。因此，输入一个 MDI 运行指令段有下述两种方法：

- ① 一次输入，即一次输入多个指令字的信息。
- ② 多次输入，即每次输入一个指令字信息。

例如，要输入“G00 X100 Z100” MDI 运行指令段，可以通过以下两种方式完成：

- 直接输入“G00 X100 Z100”并按 Enter 键，在图 2-60 所示的窗口内，关键字 G、X、Z 的值将分别变为 00、100、100。
- 先输入“G00”并按 Enter 键，图 2-60 所示的窗口内将显示大字符“G00”；再输入“X100”并按 Enter 键，然后输入“Z100”并按 Enter 键，显示窗口内将依次显示大字符“X100”、“Z100”。

(2) 运行 MDI 指令段

在输入完一个 MDI 指令段后，按一下操作面板上的“循环启动”键，系统即开始运行所输入的 MDI 指令。

(3) 修改某一字段的值

在运行 MDI 指令段之前，如果要修改输入的某一指令字，可直接在命令行上输入相应的指令字符及数值。

例如，在输入“X100”并按 Enter 键后，希望 X 值变为“109”，可在命令行上输入“X109”并按 Enter 键。

(4) 停止当前正在运行的 MDI 指令

在系统正在运行 MDI 指令时，按 F7 键可停止 MDI 运行。

4. 数据设置

这里主要介绍机床的手动数据输入（MDI）操作，包括坐标系数据设置、刀库参数设置、刀具参数设置等。

(1) 坐标系数据设置

1) 手动输入坐标系偏置值

MDI 手动输入坐标系数据的步骤如下。



① 在 MDI 功能子菜单（如图 2-59 所示）下按 F3 键，进入坐标系手动数据输入方式，图形显示窗口首先显示如图 2-61 所示的 G54 坐标系数据设置页面。

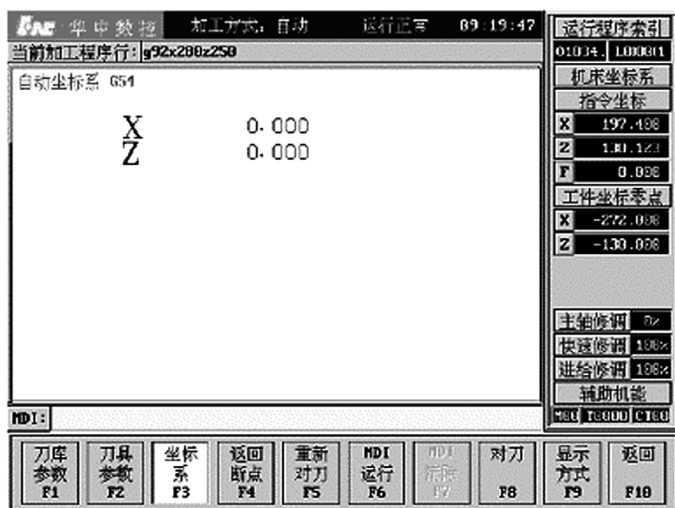


图 2-61 MDI 下的坐标系数据设置页面

② 按 Pgdn 键或 Pgup 键选择要输入的数据类型，G54、G55、G56、G57、G58、G59 坐标系、当前工件坐标系等的偏置值（坐标系零点相对于机床零点的值），或者当前相对值零点。

③ 在命令行输入所需数据，如在图 2-61 所示情况下输入“X0、Z0”，并按 Enter 键，将设置 G54 坐标系的 X 及 Z 偏置分别为 0、0。

④ 若输入正确，图形显示窗口相应位置将显示修改过的值，否则原值不变。

2) 自动设置坐标系偏置值

① 在 MDI 功能子菜单（如图 2-59 所示）下按 F8 键，进入坐标系自动数据设置方式（前提是机床已回参考点），如图 2-62 所示。

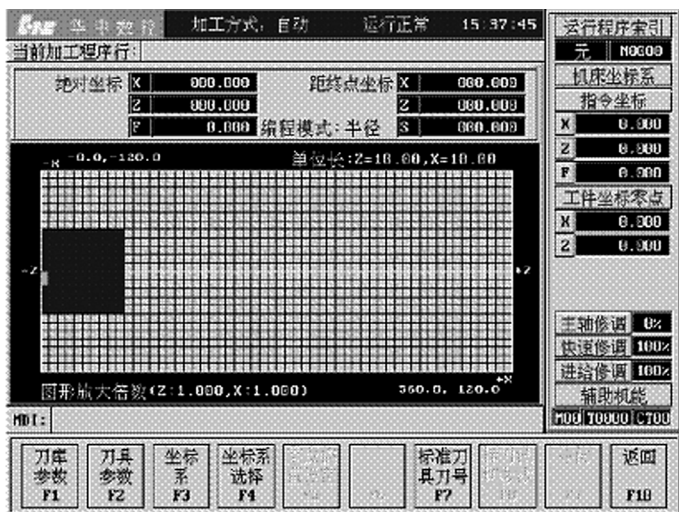


图 2-62 坐标系自动数据设置页面



② 按 F4 键，弹出如图 2-63 所示的菜单，用 ▲、▼ 键移动蓝色亮条选择要设置的坐标系。

③ 选择一把已设置好刀具参数的刀具试切工件外径，然后沿着 Z 轴方向退刀。

④ 按 F5 键弹出如图 2-64 所示的菜单，用 ▲、▼ 键移动蓝色亮条选择“X 轴对刀”。



图 2-63 选择坐标系

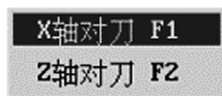


图 2-64 选择对刀轴

⑤ 按 Enter 键，弹出如图 2-65 所示的输入框。

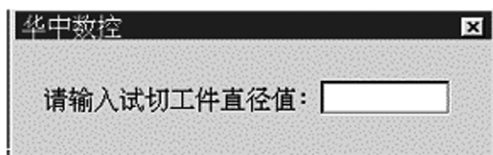


图 2-65 输入试切后工件的直径值

⑥ 输入试切后工件的直径值（直径编程）或半径值（半径编程），系统将自动设置所选坐标系下的 X 轴零点偏置值。

⑦ 选择一把已设置好刀具参数的刀具试切工件端面，然后沿着 X 轴方向退刀。

⑧ 按 F5 键，弹出如图 2-64 所示的菜单，选择“Z 轴对刀”。

⑨ 按 Enter 键，弹出如图 2-66 所示的输入框。

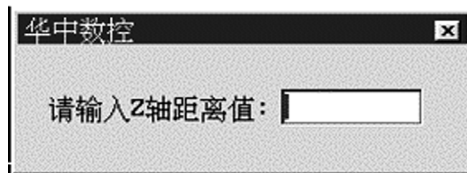


图 2-66 输入 Z 轴距离值

⑩ 输入试切端面到所选坐标系的 Z 轴零点的距离（Z 轴距离有正负），系统将自动设置所选坐标系下的 Z 轴零点偏置值。

(2) 刀库参数设置

MDI 输入刀库数据的步骤如下。

① 在 MDI 功能子菜单下（如图 2-59 所示）按 F1 键，进行刀库参数设置，图形窗口显示如图 2-67 所示的刀库参数设置界面。

② 用 ▲、▼、►、◄、Pgup、Pgdn 键移动蓝色亮条选择要编辑的选项。

③ 按 Enter 键，蓝色亮条所指刀库数据的颜色和背景都发生变化，同时有一光标在闪烁。



图 2-67 刀具参数设置页面

④ 用►、◄、BS、Del 键，进行编辑修改。

⑤ 修改完毕按 Enter 键确认。

⑥ 若输入正确，图形显示窗口相应位置将显示修改过的值，否则原值不变。

(3) 刀具参数设置

1) 手动输入刀具参数

MDI 手动输入刀具参数的步骤如下。

① 在 MDI 功能子菜单下（如图 2-59 所示）按 F2 键，进行刀具参数设置，图形窗口显示如图 2-68 所示的刀具参数设置界面。

② 用▲、▼、►、◄、Pgup、Pgdn 键移动蓝色亮条选择要编辑的选项。

③ 按 Enter 键，蓝色亮条所指刀具数据的颜色和背景都发生变化，同时有一光标在闪烁。

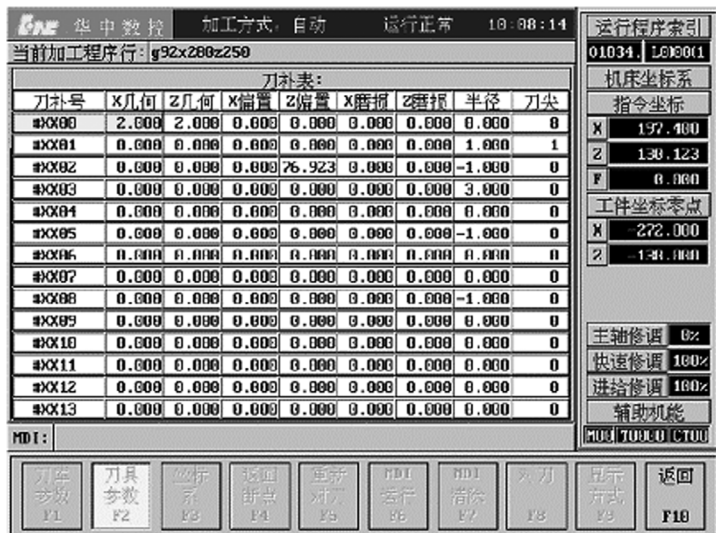


图 2-68 刀具参数设置页面



- ④ 用▶、◀、BS、Del 键进行编辑修改。
- ⑤ 修改完毕按 Enter 键确认。
- ⑥ 若输入正确，图形显示窗口相应位置将显示修改过的值，否则原值不变。

2) 自动设置刀具偏置值

① 在 MDI 功能子菜单（如图 2-59 所示）下按 F8 键，进入刀具偏置值自动设置方式，如图 2-62 所示。

- ② 按 F7 键，弹出如图 2-69 所示的输入框。

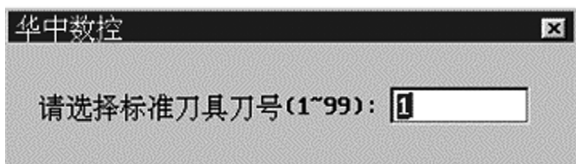


图 2-69 输入标准刀具刀号

- ③ 输入正确的标准刀具刀号。
- ④ 使用标准刀具试切工件外径，然后沿着 Z 轴方向退刀。
- ⑤ 按 F8 键，弹出如图 2-70 所示的菜单，用▲、▼键移动蓝色亮条选择“标准刀具 X 值”。
- ⑥ 按 Enter 键弹出如图 2-71 所示的输入框。
- ⑦ 输入试切后工件的直径值（直径编程）或半径值（半径编程），系统将自动记录试切后标准刀具 X 轴机床坐标值。
- ⑧ 使用标准刀具试切工件端面，然后沿着 X 轴方向退刀。
- ⑨ 按 F8 键，弹出如图 2-70 所示的菜单，用▲、▼键移动蓝色亮条选择“标准刀具 Z 值”。
- ⑩ 按 Enter 键，系统将自动记录试切后标准刀具 Z 轴机床坐标值。
- ⑪ 按 F2 键，弹出如图 2-68 所示的页面，用▲、▼键移动蓝色亮条选择要设置的刀具（如 2 号切槽刀）。
- ⑫ 使用需设置刀具偏置值的刀具（如切槽刀）试切工件外圆，然后沿着 Z 轴方向退刀。
- ⑬ 按 F9 键，弹出如图 2-72 所示的菜单，用▲、▼键移动蓝色亮条选择“X 轴补偿”。
- ⑭ 按 Enter 键，弹出如图 2-71 所示的输入框。



图 2-70 选择“标准刀具 X 值”

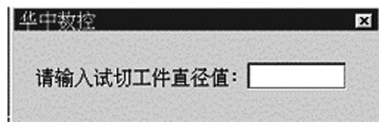


图 2-71 输入试切工件的直径值

- ⑮ 输入试切后工件的直径值（直径编程）或半径值（半径编程），系统将自动计算并保存该刀相对标准刀的 X 轴偏置值。
- ⑯ 使用需设置刀具偏置值的刀具（如切槽刀）试切工件端面，然后沿着 X 轴方向退刀。
- ⑰ 按 F9 键，弹出如图 2-72 所示的菜单，用▲、▼键移动蓝色亮条选择“Z 轴补偿”。
- ⑱ 按 Enter 键，弹出如图 2-73 所示的输入框。
- ⑲ 输入试切端面到标准刀具试切端面 Z 轴的距离，系统将自动计算并保存该刀相对标



准刀的 Z 轴偏置值。

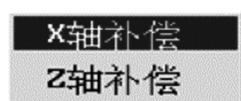


图 2-72 选择“X 轴补偿”

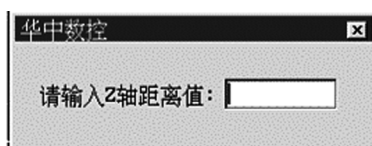


图 2-73 输入 Z 轴距离值

注意：

用上述方法可设置其他几把刀的偏置。如果已知该刀的刀偏值，可以手动输入数据值。刀具的磨损补偿需要手动输入。

5. 程序输入与文件管理

在如图 2-55 所示的软件操作界面下，按 F2 键进入编辑功能子菜单，如图 2-74 所示。



图 2-74 编辑功能子菜单

在编辑功能子菜单下，可以对零件程序进行编辑、存储与传递，并可以管理文件。

(1) 选择编辑程序

在编辑功能子菜单下（如图 2-74 所示）按 F2 键，将弹出如图 2-75 所示的“选择编辑程序”子菜单。

“磁盘程序”保存在电子盘、硬盘、软盘或网络路径上的文件。

“正在加工的程序”：当前已经选择存放在加工缓冲区的一个加工程序。

(2) 选择磁盘程序

选择磁盘程序的操作步骤如下。

① 在“选择编辑程序”子菜单（如图 2-75 所示）中，用▲、▼键选中“磁盘程序”选项。

② 按 Enter 键，弹出如图 2-76 所示的对话框。

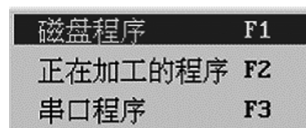


图 2-75 “选择编辑程序”子菜单

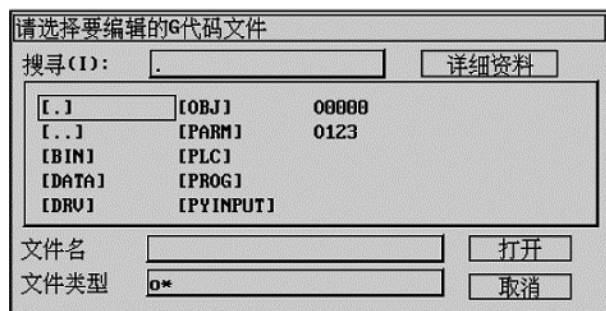


图 2-76 选择要编辑的零件程序



③ 如果选择默认目录下的程序，则跳过步骤④~⑦。

④ 连续按 Tab 键，将蓝色亮条移到“搜寻”栏。

⑤ 按▼键，弹出系统的分区表，用▲、▼键选择分区。

⑥ 按 Enter 键，文件列表框中显示被选分区的目录和文件。

⑦ 按 Tab 键，进入文件列表框。

⑧ 用▲、▼、►、◄、Enter 键，选中想要编辑的磁盘程序的路径和名称，如当前目录下的“O1234”。

⑨ 按 Enter 键，如果被选文件不是零件程序，将弹出如图 2-77 所示的对话框提示，不能调入文件。

⑩ 如果被选文件是只读 G 代码，文件可编辑，但不能保存，只能另存，将弹出如图 2-78 所示的对话框。

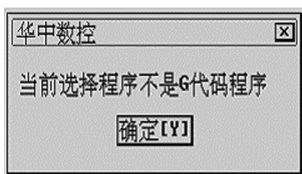


图 2-77 不能调入文件

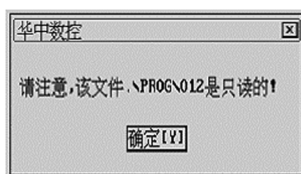


图 2-78 提示文件只读

除上述情况外，系统会直接调入文件到编辑缓冲区进行编辑，如图 2-79 所示。



图 2-79 调入文件到编辑缓冲区

6. 程序运行

在如图 2-55 所示的软件操作界面下，按 F1 键进入程序运行子菜单，如图 2-80 所示。



图 2-80 程序运行子菜单



在程序运行子菜单下，可以装入、检验并自动运行一个零件程序。

(1) 选择运行程序

在程序运行子菜单下，按 F1 键，将弹出如图 2-81 所示的“选择运行程序”子菜单，按 Esc 键可取消该菜单。

(2) 选择磁盘程序

① 在“选择运行程序”子菜单中，用▲、▼键选中“磁盘程序”选项。

② 按 Enter 键，弹出如图 2-82 所示的对话框。

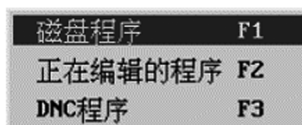


图 2-81 “选择运行程序”子菜单

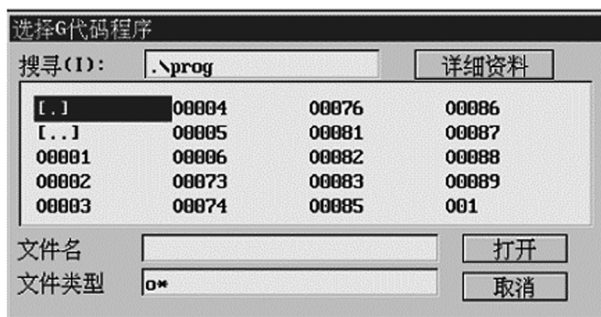


图 2-82 选择要运行的磁盘程序

③ 如果选择默认目录下的程序，则跳过步骤④～⑦。

④ 连续按 Tab 键，将蓝色亮条移到“搜寻”栏。

⑤ 按▼键，弹出系统的分区表，用▲、▼键选择分区。

⑥ 按 Enter 键，文件列表框中显示被选分区的目录和文件。

⑦ 按 Tab 键进入文件列表框。

⑧ 用▲、▼、►、◄、Enter 键，选中想要运行的磁盘程序的路径和名称。

⑨ 按 Enter 键，如果被选文件不是零件程序，将弹出如图 2-83 所示的对话框，提示文件类型错误。否则直接调入文件到运行缓冲区进行加工。

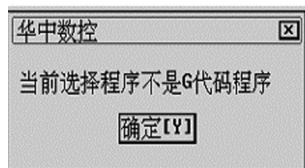


图 2-83 提示文件类型错误

(3) 程序启动

① 按下机床控制面板上的“自动”键（指示灯亮），进入程序自动运行方式。

② 按下机床控制面板上的“循环启动”键（指示灯亮），机床开始自动运行调入的零件加工程序。

2.3 FANUC 0i Mate – TC 数控系统

2.3.1 FANUC 0i Mate – TC 系统数控车床系统功能

1. 准备功能

准备功能主要用来指令机床或数控系统的工作方式。该系统的准备功能由地址符 G 和其最后一位或两位数字组成，它用来指定刀具和工件的相对运动轨迹、机床坐标系、坐标平面、刀具补偿、坐标偏置等多种加工操作。具体的 G 指令代码见表 2-29。



表 2-29 G 指令代码

指 令 名	功 能	指 令 名	功 能
* G00	快速定位	G65	宏指令
G01	直线插补	G70	精加工循环
G02	顺时针圆弧插补	G71	轴向粗车复合循环
G03	逆时针圆弧插补	G72	径向粗车复合循环
G04	暂停	G73	封闭切削复合循环
G20	英制尺寸	G74	轴向切槽循环
* G21	公制尺寸	G75	径向切槽循环
G28	自动返回机械零点	G76	多重螺纹切削循环
G32	等螺距螺纹切削	G90	轴向切削循环
G33	等螺距螺纹切削	G92	螺纹切削循环
G34	变螺距螺纹切削	G94	径向切削循环
* G40	取消刀尖半径补偿	G96	恒线速控制
G41	刀尖半径左补偿	* G97	取消恒线速控制
G42	刀尖半径右补偿	G98	每分进给
G50	设置工件坐标系或设定最大主轴转速	* G99	每转进给
* G54 ~ G59	选择工件坐标系		

注：带 * 号的 G 指令表示接通电源时，即为该 G 指令的状态。

2. 辅助功能

辅助功能也称 M 功能，主要用于控制零件程序的走向，以及机床各种辅助功能的开关动作，如主轴的开、停，切削液的开、关等。具体的 M 指令代码见表 2-30。

表 2-30 M 指令代码

指 令 名	功 能	指 令 名	功 能
M00	暂停待再按循环启动键执行余下程序	M06	换刀
M01	条件暂停	M08	冷却液开
M02	程序结束	M09	冷却液关
M03	主轴正转	M30	程序结束
M04	主轴反转	M98	调用子程序
M05	主轴停止	M99	子程序结束返回主程序

2.3.2 FANUC Oi Mate – TC 系统常用编程指令

FANUC Oi Mate – TC 系统常用编程指令与 GSK980T 系统常用编程指令的格式、参数含义及循环路线大体相同，除个别指令有细微变化，相同指令在此不再赘述，以下是不同的指令——轮廓复合循环指令 G73。

格式：G73 U (Δi) W (Δk) R (d)；

G73 P (ns) Q (nf) U (Δu) W (Δw) F __ ；

N (ns) ...



...
N (nf) ...

说明:

- ① i 表示 X 方向退刀距离和方向，是半径值，向 +X 方向退刀时为正，反之为负。
- ② k 表示 Z 方向的退刀距离和方向，向 +Z 方向退刀时为正，反之为负。
- ③ d 表示粗切削次数，FANUC Oi Mate – TC 和 GSK980TD 系统单位为次，GSK980TA 系统单位为千次。
- ④ ns 表示精车轨迹的第一程序段的程序段号。
- ⑤ nf 表示精车轨迹的最后一段程序段的程序段号。
- ⑥ u 表示 X 方向的精车余量。
- ⑦ w 表示 Z 方向的精车余量。

2.3.3 FANUC Oi Mate – TC 系统操作面板

FANUC Oi Mate – TC 系统操作界面如图 2-84 所示。



图 2-84 FANUC Oi Mate – TC 系统操作界面

FANUC Oi Mate – TC 系统操作常用键功能见表 2-31。

表 2-31 FANUC Oi Mate – TC 系统操作常用键功能

名 称	图 标	功 能
地址字符键		用于字符输入，按 Shift 键后再按字符键，将输入右下角的字符，EOB 键输入 “;” 表示换行结束
数字字符键		用于数字输入，按 Shift 键后再按数字键，将输入右下角的字符



续表

名 称	图 标	功 能
复位键		用于解除报警，数控系统复位
帮助键		当对 MDI 键的操作不明白时，按下这个键可以获得帮助
程序键		编辑程序时，用于替换、插入、删除光标所在程序段或整个程序
输入键		用于各种参数数据的输入，按地址键或数字键后，地址或数字输入缓冲器，并在 CRT 上显示。要将输入缓冲区的数据复制到寄存器中等，必须按下该键
取消键		消除输入缓冲器的文字或符号，按一下消除一个字符，光标向前移动一个字符
切换键		换挡键，与计算机键盘上的 Shift 键作用相似
屏幕切换键		按下这些键，可切换不同功能的显示屏幕，分别为位置屏幕、程序屏幕、坐标偏置/设置屏幕、系统屏幕、信息屏幕、用户宏屏幕（效验程序时，按此键可显示刀具中心的运动轨迹）
翻页键		在当前页面上无法显示所有的内容时，可按此键显示上一页或下一页的内容
换行键		编辑程序时，需要换行时按此键
光标键		编辑程序或修改参数时，可以使光标左右上下移动
软键		软键采用菜单形式，在相应软键上方显示其功能。按某软键，可出现所选功能软键的下级菜单。向左箭头的软键为菜单返回键，向右箭头的软键为菜单继续键

FANUC Oi Mate – TC 系统数控车床操作面板如图 2-85 所示。

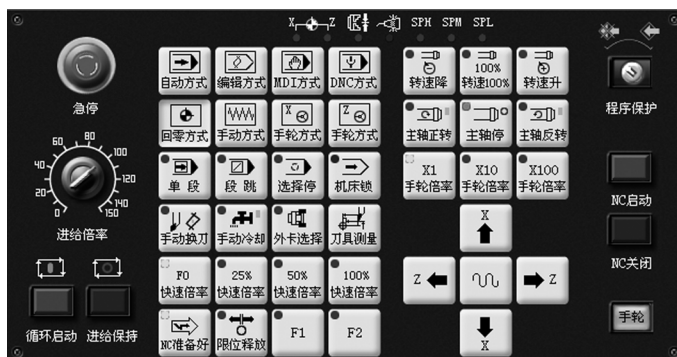


图 2-85 FANUC Oi Mate – TC 系统数控车床操作面板

车床操作常用键功能见表 2-32。



表 2-32 车床操作常用键功能

名 称	图 标	功 能
急停按钮		按该键通向电动机的电源被切断，机床锁住，主轴及刀架立刻停止运动。排除不正常的因素后，可通过旋转弹起急停按钮，解除紧急停止
进给倍率旋钮		在手动及程序执行状态时，调整进给速度的倍率量
循环启动		预先将程序存入寄存器中，选择要运行的程序，将工作方式选择为“自动方式”，按下此键后，循环启动灯亮，程序开始自动运行。运行 MDI 程序，仅按此键即可
进给保持		在程序执行过程中，按下此键进给暂停，再按下此键进给继续
自动方式		运行程序前，先按此键再按“循环启动”键，方可自动运行程序
编辑方式		手动输入或上传程序时，都必须在此工作方式下，才可进行
MDI 方式		在此方式下，可输入一个简单的程序（程序不能过长），按“循环启动”键后程序执行，程序执行后自动消失
DNC 方式		在这种方式下，程序并不存到 CNC 的存储器下，而是从外部的输入/输出设备读取
回零方式		使机床的工作方式处于回零（回参考点）方式，在手动方式下分别按→、↓（+X、+Z）键，机床在选择的轴方向上移动回到机械原点（参考点）。启动机床或按过“急停”按钮后，要做这项工作
手动方式		使机床的工作方式处于手动方式，此时按方向键，机床在选择的轴方向上连续移动。可以通过调节速度倍率来调节移动的速度
手轮方式		使机床的工作方式处于手轮方式，选择轴向后，然后通过调节手轮移动的倍率，使刀架移动
单段		运行程序时，按下此键后，程序仅执行当前的一个程序段，再按“循环启动”键，程序执行下一个程序段



续表

名 称	图 标	功 能
段跳		当“段跳”键按下时，运行着的程序会自动跳过带有“/”符号的程序段
选择停止		当“选择停”键按下时，程序遇到 M01 指令，机床和程序暂停，再按“循环启动”键，程序继续执行
机床锁住		程序运行，机床各轴锁住不运动
手动换刀		按下此键，刀架转过一个刀位
切削液状态		按一下，该指示灯亮，切削液开启；再按一下，该指示灯灭，切削液关闭
快移速度修调		在手动及程序执行状态时，调整快移速度的倍率量。主要是控制 G00 的速度，旋转旋钮时，速度变化比较明显
限位释放		用于机床超程释放，与点动键同时按下
主轴速度修调		在手动、手轮及程序执行状态时，调整主轴速度的倍率
主轴状态		主轴正转（CW）、停止、反转（CCW）
手轮倍率		选择手轮每格移动量
手动进给		手动进给点动
快速		在手动方式下，按下此键，系统进入手动快速移动状态
程序保护 钥匙开关		插入钥匙，左旋可以修改程序和参数等，右旋不可以修改程序和参数等
系统电源开		按下此键接通数控系统电源
系统电源关		按下此键断开数控系统电源

注：数控车床的机床操作面板部分的定义因机床厂家不同而不同。



2.3.4 FANUC 0i Mate – TC 系统车床的操作

1. 手动操作

(1) 启动机床

- ① 给车床电柜通电，电源指示灯亮。
- ② 按系统启动键，等待数秒，CRT 进入绝对坐标界面，表示数控系统启动就绪。

(2) 关闭机床

- ① 按系统停止键，断开数控系统的电源，CRT 黑屏。
- ② 关车床电柜开关，电源指示灯灭，机床断电。

(3) 回参考点

① 按图 2-84 绝对坐标画面中的“综合”软键，出现综合坐标界面。可以看到，各坐标回到参考点的机械坐标值为零，表示参考点与机床原点重合。这步可以不做。

② 按“回零方式”键，选择回参考点方式。

③ 按一下“+X”键，X 轴返回参考点动作，到达参考点后，对应的 X 轴回零指示灯亮。

④ 按一下“+Z”键，Z 轴返回参考点动作，到达参考点后，对应的 Z 轴回零指示灯亮。可以两轴同时回参考点。

(4) 卡盘内外选择旋钮

卡盘内外选择旋钮用于选择采用“外爪”形式（外卡）夹紧工件还是“内爪”形式（内卡）夹紧工件。旋钮选择的位置要与卡盘卡爪装夹工件的形式一致。

(5) 手动进给 JOG

① 按“手动方式”键。

② 按点动键“+X”，车床溜板沿 X 轴的正方向移动，这个键按一下动一下，不按不动，所以称为点动键；“-X”、“+Z”、“-Z”同理。

③ 在点动期间，机床按参数设定的进给速度移动并可由进给倍率开关调整。

若在点动期间同时按下快速移动开关，则机床按快速移动速度运动。

(6) 进给倍率旋钮

该旋钮在手动或自动运行期间用于进给速度的调整。

在自动运行中，该旋钮改变程序中设定的进给速度，即程序中由 F 代码指定的进给速度可以用此旋钮调整，调整范围为 0% ~ 150%，每档为 10%。例如，程序中进给速度为 180mm/min，当进给倍率旋钮指在 50% 时，机床实际进给速度是 90mm/min。

在点动方式下也可以调整进给速度。但是在车削螺纹时，进给倍率旋钮不起作用。

(7) 手轮进给

手摇脉冲发生器通常称为手轮。

① 按“手轮方式”键，选择手轮进给方式。

② 选择“×1”、“×10”或“×100”键，手轮每转一格，车床溜板的移动距离分别是 0.001mm、0.01mm 或 0.1mm。

③ 扳手轮轴向选择开关到 Z 轴位置。

④ 手轮顺时针转动，车床溜板向 Z 轴正向移动；手轮逆时针转动，则向 Z 轴负向移动。



X 向同理。

(8) 主轴手动操作

- ① 按“MDI 方式”键，选择 MDI 方式。
- ② 按“PROG”键。
- ③ 输入“M03S - - - -”或“M04S - - - -”。
- ④ 按“INPUT”键。
- ⑤ 按“循环启动”键，主轴旋转。
- ⑥ 选择“手动方式”或“手轮方式”。
- ⑦ 按“主轴正转”键，该键灯亮，主轴正转，即从主轴尾端看为顺时针旋转。
- ⑧ 按“主轴停”键，主轴停止。若主轴正转期间要反转，则必须先按“主轴停”键，使主轴停止，再按“主轴反转”键。

⑨ 按“主轴反转”键，主轴反转。同理，若主轴反转期间要正转，则必须先按“主轴停”键，使主轴停止，再按“主轴正转”键。

注意：采用液压卡盘的要使卡盘处于卡紧位置，才能启动主轴。

(9) 主轴转速调整

- ① 按“转速降”键，可向下修调程序中设定的主轴转速，按一下下调 10%，最多可修调到 50%。
- ② 按“转速 100%”键，主轴转速固定为程序中设定的转速。
- ③ 按“转速升”键，可向上修调程序中设定的主轴转速，按一下上调 10%，最多可修调到 120%。

(10) 超程解锁

当机床移动超过工作区间的极限时称为超程，此时 CRT 屏幕上闪烁“准备不足”的报警信号，车床溜板将停在其极限位置，此时不能移动机床，解除超程。

- ① 按“手动方式”键。
- ② 同时按住“限位释放”键和超程方向相反的点动按键“X”或“Z”，移动机床脱离极限而回到工作行程内。
- ③ 按“RESET”键，解除报警状态，机床就可以正常工作了。

(11) 急停按钮

在手动操作或自动运行期间超程，在紧急状态下按此按钮，机床各部将全部停止运动，NC 控制系统清零。有回零要求和软件超程保护的机床按急停按钮后，必须重新进行回参考点操作，否则刀架的软件限位将不起作用。待故障排除后，顺时针方向转动让按钮弹起恢复正常。

(12) 冷却泵启停

在手动操作方式下，按下“冷却”按钮，按钮灯亮，冷却泵旋转。在自动运行方式下，此按钮不起作用，由程序中的 M08 和 M09 指令来控制冷却泵的启停。

(13) 照明

按“照明”按钮，机床照明灯亮。再按此按钮，照明灯灭。

2. 程序编辑

(1) 程序保护

“程序保护”开关是一个钥匙开关，用以保护内存程序。当该开关在“1”位置时，内



存程序受到保护,即不能对程序进行编辑;在“0”位置时,内存程序不受保护,可对程序进行编辑。

(2) 输入新程序

- ① 按“编辑方式”键,选择编辑方式。
- ② 按“PROG”键,进入程序界面。
- ③ 输入程序号。
- ④ 按“INSERT”键,生成新程序号。
- ⑤ 输入、编辑程序。

(3) 前台编辑程序

- ① 按“编辑方式”键,选择编辑方式。
- ② 按“PROG”键,进入程序界面。
- ③ 输入程序号,如 O1234,调出该程序编辑界面。
- ④ 按光标键“↓”调出要编辑的程序。
- ⑤ 插入、替换、删除和编辑程序。

(4) 后台编辑程序

- ① 按图 2-84 中的“操作”软键,进入后台编辑。
- ② 输入程序号。
- ③ 按软键“O 检索”搜索 CNC 存储器中的程序,此键作用同 MDI 面板上的光标键“↓”。
- ④ 输入程序中的某个字,按软键“检索↓”或“检索↑”分别为向上、向下搜索,这与 MDI 面板上的光标键“↓”、“↑”效果一样。
- ⑤ 插入、替换、删除、编辑程序。
- ⑥ 按软键“REWIND”,光标返回到程序开头。
- ⑦ 按软键“BG-EDT”返回前台(正常)编辑方式。

3. 自动操作

(1) “单段”键

① 按一下此键指示灯亮,表示单段程序运行有效,这时按一下“循环启动”键,程序只运行一段即停止;再按一下“单段”键指示灯灭,表示单段运行取消,这时按“循环启动”键,程序就连续自动运行。

② 在按下“单段”键执行一个程序段后的停止期间,通过方式选择键可以转换到任何其他的操作方式下操作车床。

(2) “段跳”键

① 按一下此键指示灯亮,表示程序跳段读有效;再按一下指示灯灭,表示程序跳段读无效。

② 在程序跳段读有效时,不执行带有“/”标记的程序段;在程序段跳读无效时,“/”标记无效,照样执行。

(3) 空运行

所谓空运行,是指按其规定的速度运行,不按程序速度 F 运行,但本机床遥控面板无此按键,可执行以下操作。



- ① 按下“OFFSET/SETTING”键，出现“OFFSET/SETTING”功能菜单。
- ② 按图 2-84 中的菜单继续键“▶”。
- ③ 按“MACRO”软键。
- ④ 按“操作 PN”软键。
- ⑤ 移动光标选中“空运行”后的“ON”即可。

设定软操作界面共有 7 组，分别如下所示。

- 组 1（方式）：运行方式选择。
- 组 2（手柄轴）：手动连续进给轴、手动快速移动轴、手摇脉冲发生器进给轴的选择。
- 组 3（手柄倍率）：手动倍率 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 的选择。
- 组 4（速进给调整率、手动进给、进给调整率）：快速移动倍率、手动连续进给倍率、进给倍率的选择。
- 组 5（单节跳越、单节、机械锁定、空运行）：任选程序段跳读、单程序段、机床锁住、空运行功能的选择。
- 组 6（MEMERY 保护锁）：保护键功能的选择。
- 组 7（停）：进给暂停功能的选择。

机床厂家应该在机床遥控面板安装具有相应功能的按键，操作才方便。

（4）机械锁定

在自动或 MDI 运行及手动操作期间，按一下此键，指示灯亮，表示车床锁定有效，此时机床刀架不能移动，但其他（如 M、S、T）功能执行和显示都如常（如仍可指令主轴转动）。再按一下此键，本功能被取消。该键在检查工件加工程序时使用。

（5）选择停止

在自动或 MDI 状态时，按一下此键，指示灯亮，表示选择停止有效。再按一下此键，指示灯灭，表示选择停止无效。

当选择停止有效时，程序中的 M01 指令有效，即执行完含有 M01 的程序段后，自动循环停止，车床主轴停转，冷却停止。要使机床继续按程序运行，必须再按“循环启动”键。当选择停止无效时，程序中的 M01 指令就无效。

在自动运行中需要对工件的尺寸进行检验或插入必要的手工操作时，可使用此键。

（6）MST 锁定

按下“MST 锁定”或“辅助功能锁定”键，指示灯亮，在自动运行或 MDI 运行期间，不执行 M、S、T 指令。这个功能只在测试工件加工程序时使用。

上述 6 种操作选择，视具体情况选择。

（7）检索要自动运行的程序

- ① 按“编辑”键，选择编辑方式。
- ② 按“PROG”键，进入程序界面。
- ③ 输入程序号，如 O1234。
- ④ 按“→”光标键，调出该程序。

（8）自动运行

- ① 按“自动方式”键，选择自动运行方式。



② 按“检视”软键，选择自动运行检视界面。

③ 必要时调整进给速率开关。

④ 按“循环启动”键，指示灯亮，主轴转向灯等自动运行状态指示灯均亮，程序自动运行，自动运行结束后，机床自动停止。

⑤ 按“进给保持”键，刀架停止移动，但 M、S、T 功能仍然有效。要使机床继续工作，必须按“循环启动”键，刀架继续移动。

在循环停止状态，可以对机床进行任何的手动操作，但在 G32、G34、G76、G92 螺纹切削时“进给保持”键无效。

4. 对刀

在数控加工中，对刀的基本方法有手动对刀、对刀仪对刀、ATC 对刀和自动对刀等。手动对刀的基础是通过试切零件来对刀，采用“试切 - 测量 - 调整”的对刀模式。手动对刀要占用较多的机床时间，但由于方法简单，所需辅助设备少，因此普遍应用于经济型数控机床中。

下面以 FANUC Oi Mate - TC 系统数控车床为例，说明手动对刀的具体操作方法。

① 机床回零。

② 在操作面板上选择“手轮方式”。

③ 启动主轴，按照所选刀具种类及切削方式选择主轴正转或反转。

④ 快速移动刀架，使车刀靠近工件。

⑤ 车工件端面，进行 Z 方向对刀（此时刀架不能沿 Z 方向移动）。

⑥ 在操作面板上按“OFFSET”键，并在出现的页面上输入“Z0”，然后按“测量”键，完成 Z 方向对刀。

⑦ 车工件外圆，进行 X 方向对刀（此时刀架不能沿 X 方向移动，且切削外圆时不要切削太深，以 1 ~ 2mm 为宜，切削长度一般为 5 ~ 10mm，以能方便测量为准）。

⑧ 沿 Z 方向退刀，并使主轴停转。

⑨ 测量被切削部分的直径值。

⑩ 在操作面板上按“OFFSET”键，并在出现的页面上输入“X”加上步的测量值，然后按“测量”键，完成 X 方向对刀。

⑪ 重复 3 ~ 10 步，可完成多把刀的对刀工作。



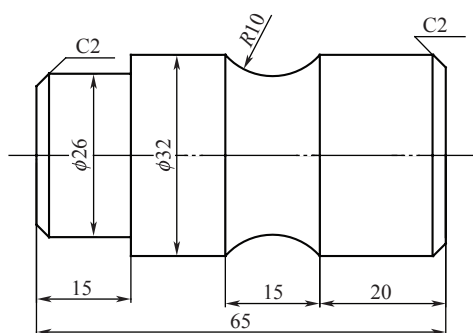
练一练

① 请简述 G50 指令是如何设定工件坐标系的。

② G90 与 G92 中的 F 取值是否一样？如不一样，分别表示什么？

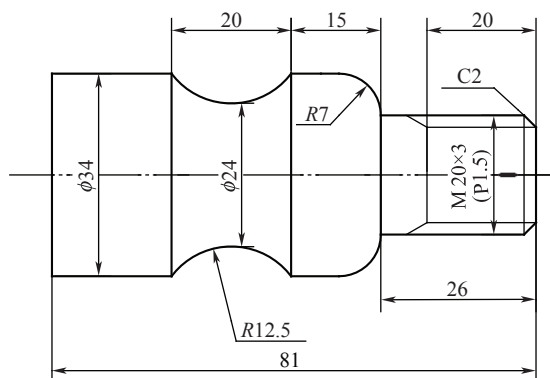
③ 何谓刀具半径补偿？左补偿与右补偿是如何判别的？

④ 根据所学的编程指令编写如图 2-86、图 2-87、图 2-88 和图 2-89 所示零件的加工程序。



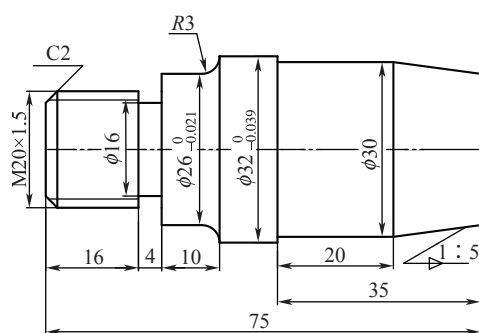
未注倒角C0.5

图 2-86 凹弧圆柱轴



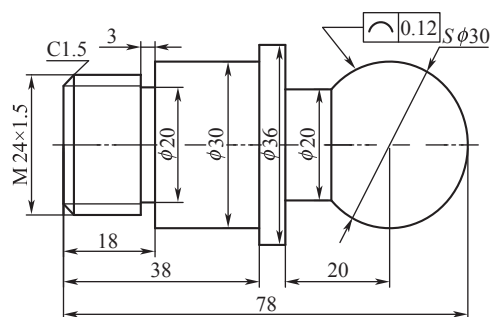
未注倒角C0.5

图 2-87 凹弧螺纹轴



未注倒角C0.5

图 2-88 圆锥螺纹轴



未注倒角C0.5

图 2-89 球头螺纹轴

第 3 章

数控车削加工技术实训

【本章导读】

本章以第 2 章为基础，侧重介绍数控加工基础知识的运用、编程指令的应用及基础操作实训。本章采用项目教学法，分别讲述了数控机床的基本操作、台阶轴的加工、沟槽的加工、三角形螺纹的加工、特形面的加工、孔的加工 6 个基础实训项目。课题设计合理，任务承前启后，知识点环环紧扣，符合学生的认识规律，方便教师组织教学。

【学习目标】

- 熟练运用常见的编程指令。
- 掌握数控车削加工的一般方法与步骤。
- 能正确、规范、安全地操作数控车床。

【教学目标】

- 知识目标：使学生提高编程指令的应用能力及掌握数控加工相关知识。
- 能力目标：能独立完成简单零件的数控加工。

【教学重点】

数控车削编程及相关知识。

【教学难点】

数控车削编程及加工操作。

【教学方法】

读书指导法、项目教学法。

项目 1 数控机床的基本操作

课题 1 熟悉控制面板

教学目标：

- 掌握 980T 系统控制面板的操作。
- 掌握华中系统控制面板的操作。

任务一 980T 系统

① 开机、关机操作：掌握正确的开、关机方法与步骤。

② 手轮方式：掌握手轮方式的 X、Z 轴的正负向的操作，熟练使用 0.1、0.01、0.001 倍率，摇动手轮准确定位，应用手轮方式启动、停止主轴和转换刀架，以及开、关冷却液。



③ 手动方式：掌握手动方式的 X 、 Z 轴的正负向的操作，熟练使用 $F0$ 、 25% 、 50% 、 100% 的增减倍率，应用手轮方式启动、停止主轴和转换刀架，以及开、关冷却液。

④ 录入方式：掌握进入录入方式界面的方法，并在此方式下进行启动和停止主轴、换刀等操作。

⑤ 编辑方式：新建程序名，编辑、修改、删除程序字，删除整个程序，快速查找程序字，调出不在当前状态的程序。

⑥ 掌握进入自动方式界面的方法，熟悉单段运行键、循环启动键、暂停键的作用。

⑦ 刀补设定：熟悉刀补键的使用，并能正确设置刀补参数。

⑧ 掌握超程解除的方法。

任务二 华中系统

① 开机、关机操作：掌握正确的开、关机方法与步骤。

② 增量方式：掌握手轮方式 X 、 Z 轴的正负向操作，使用 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 倍率，熟练摇动手轮准确定位。

③ 手动方式：掌握手动方式的 X 、 Z 轴的正负向操作及增减倍率，应用手轮方式启动、停止主轴和转换刀座，以及开、关冷却液。

④ MDI 方式：掌握进入 MDI 方式界面的方法，进行启动和停止主轴、换刀、输入刀补和取消刀补、运行单个程序段等操作。

⑤ 编辑方式：新建程序名，编辑、修改、删除程序字，删除整个程序，快速查找程序字，调出不在当前状态的程序。

⑥ 掌握进入自动方式界面的方法，熟悉单段运行键、循环启动键、暂停键的作用。

⑦ 刀补设定：熟悉刀补设定的方法及步骤，能正确设置刀补参数。

⑧ 掌握超程解除的方法。



想一想

- ① 如何调出后台的加工程序？
- ② G71 指令能在单段方式下运行吗？
- ③ 手动、手轮方式能输入刀补吗？
- ④ 除了 MDI 方式能换刀外，还有哪种状态能换刀？

课题2 对刀法

教学目标：

- 掌握 980T 系统的对刀方法。
- 掌握华中系统的对刀方法。

任务一 980T 对刀方法

1. 外圆车刀的对刀方法（以 1 号刀 T0101 为例）

(1) Z 轴的对刀方法

使用外圆车刀车端面，然后沿 X 轴退出，由 A 点至 B 点，如图 3-1 所示。

然后按“刀补”键再按“翻页”键，把光标移到“101”刀补号上，输入“Z0.0”，按



“输入”键确认。

(2) X 轴的对刀方法

使用外圆车刀车外圆，然后沿 Z 轴退出到安全位置，如图 3-2 所示。停机测量，用量具测量已车削的外圆，记下测量值，假设测得外圆直径为 30.2。然后按“刀补”键，再按“翻页”键把光标移到“101”刀补号上，输入“X”加上测量值（如“X30.2”），按“输入”键确认。

注意：建议上述操作使用手轮方式且速度倍率均调整到 0.01。

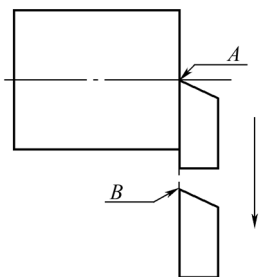


图 3-1 外圆车刀 Z 轴方向的对刀方法

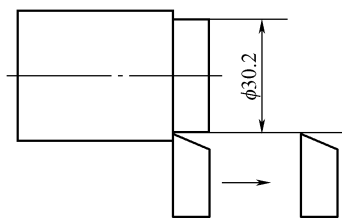


图 3-2 外圆车刀 X 轴方向的对刀方法

2. 切槽、切断车刀的对刀方法（以 3 号刀 T0303 为例）

(1) X 轴的对刀方法

切槽、切断车刀的刀尖轻轻地接触已车削过的外圆表面，如图 3-3 所示。然后按“刀补”键，再按“翻页”键，把光标移到“103”刀补号，输入“X”加上测量值（如“X30.2”），按“输入”键确认。

(2) Z 轴的对刀方法

用切槽、切断车刀的左刀尖轻轻地接触工件的右端面，如图 3-4 所示。

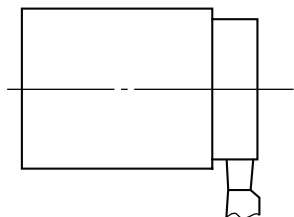


图 3-3 切槽、切断车刀 X 轴方向的对刀方法

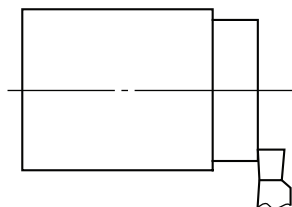


图 3-4 切槽、切断车刀 Z 轴方向的对刀方法

然后按“刀补”键，再按“翻页”键，把光标移到“103”刀补号上，输入“Z0.0”，按“输入”键确认。

3. 螺纹车刀的对刀方法（以 4 号刀 T0404 为例）

用螺纹车刀的刀尖轻轻地接触外圆与工件右端面的交线处，如图 3-5 所示。然后按“刀补”键，再按“翻页”键，把光标移到“104”刀补号上，输入“Z0.0”，按“输入”键，再输入“X30.2”，按“输入”键。

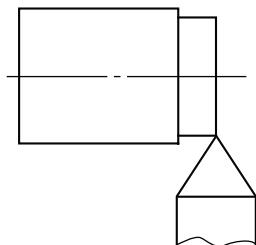


图 3-5 螺纹车刀的对刀方法



任务二 华中系统对刀方法

1. 外圆车刀的对刀方法（以 1 号刀 T0101 为例）

(1) Z 轴的对刀方法

使用外圆车刀车工件端面，然后沿 X 轴退出，从 A 点至 B 点，如图 3-6 所示。按“刀具补偿”键进入“刀偏表”，将光标移至“#0001”号刀补，平移光标至“试切长度”位置，按“Enter”键，输入“0.0”，再按“Enter”键确认。

(2) X 轴的对刀方法

使用外圆车刀车工件外圆，然后沿 Z 轴退出到安全位置，如图 3-7 所示。停机测量，用量具测量已车削的外圆，记下测量值，假设测得外圆直径为 $\phi 30.2$ 。按“刀具补偿”键进入“刀偏表”，将光标移至“#0001”号刀补，平移光标至“试切直径”位置，按“Enter”键，输入“30.20”，再按“Enter”键确认。

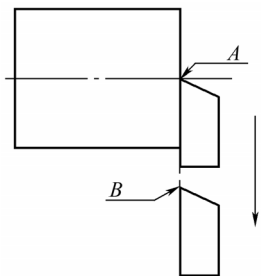


图 3-6 外圆车刀 Z 轴方向的对刀方法

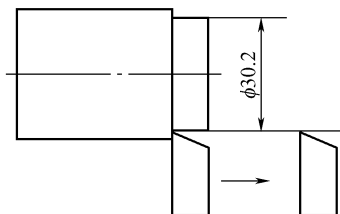


图 3-7 外圆车刀 X 轴方向的对刀方法

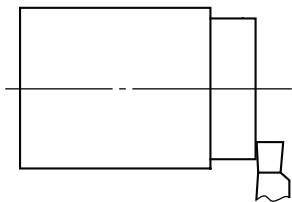
2. 切槽、切断车刀的对刀方法（以 3 号刀 T0303 为例）

(1) Z 轴的对刀方法

用切槽、切断车刀的刀尖轻轻地接触已加工过的外圆，如图 3-8 所示。按“刀具补偿”键进入“刀偏表”，将光标移至“#0003”号刀补，平移光标至“试切长度”位置，按“Enter”键，输入“0.0”，再按“Enter”键确认。

(2) X 轴的对刀方法

用切槽、切断车刀的刀尖轻轻地接触外圆，如图 3-9 所示。按“刀具补偿”键进入“刀偏表”，将光标移至“#0003”号刀补，平移光标至“试切直径”位置，按“Enter”键，输入“30.20”，再按“Enter”键确认。



3-8 切槽、切断车刀 Z 轴方向的对刀方法

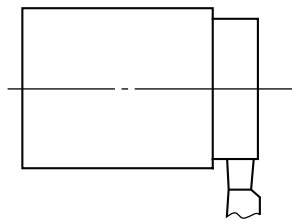


图 3-9 切槽、切断车刀 X 轴方向的对刀方法

3. 螺纹车刀的对刀方法（以 4 号刀 T0404 为例）

用螺纹车刀的刀尖轻轻地接触工件外圆与右端面的交线处。如图 3-10 所示。按“刀具



补偿”键进入“刀偏表”，将光标移至“#0004”号刀补，平移光标至“试切直径”位置，按“Enter”键，输入“30.20”，再按“Enter”键确认；再平移光标至“试切长度”位置，按“Enter”键，输入“0.0”再按“Enter”键确认。

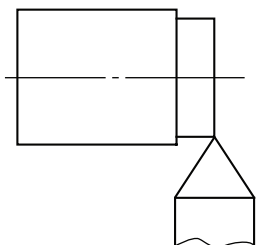


图 3-10 螺纹车刀的对刀方法



想一想

- ① 用试切对刀法对刀时，是否需要进行回零操作？
- ② 用试切对刀法对刀时，刀具不接触工作外圆面，能否以该外圆面，能否以该外圆的直径作为设定值？

课题3 项目操作

教学目标：

- 熟悉两种系统的控制面板的仿真操作。
- 熟练掌握控制面板的操作步骤。

任务一 仿真操作

请按照表 3-1 的操作步骤进行仿真练习。

表 3-1 仿真操作步骤

序 号	仿真操作内容
1	进入仿真界面
2	选择机床及系统
3	开机回零
4	装刀
5	试切对刀
6	输入程序，编辑、修改程序
7	单段加工，检测并针对尺寸误差修正程序或刀具补偿值

任务二 项目加工

利用仿真软件按表 3-2 的步骤完成项目的练习。



表 3-2 项目加工步骤

序 号	内 容	注 意 事 项
1	开机回参考点	
2	把工件装入卡盘	工件右端伸出卡盘不宜太长
3	装刀具	① 刀头部分不宜伸出过长，其中心线必须与工件中心线垂直且等高 ② 切断实心工件时，刀具必须与工件中心线等高 ③ 切断刀底部要垫平，以保证刀具工作角度的正确性，否则角度的变化会影响切断工作，严重时还会折断车刀
4	对刀 ① 启动主轴 ② Z 轴对刀 ③ X 轴对刀	① 切深不能太大 ② 快靠近工件时用手轮慢速进刀以免撞刀 ③ 手轮方向要选择正确 ④ 进行哪个方向的对刀，退刀时那个方向就不能移动 ⑤ 数值要输入对应的刀补号中
5	输入检验程序 ① 按“PROD”键再按“DIR”软键，进入程序编辑页面 ② 输入程序号 ③ 依次输入各程序段	① 程序要认真检查以免输入错误 ② 可用图形模拟检验所输入程序的正确性
6	自动加工 ① 工作方式选择“EDIT”位置，选择和打开文件 ② 工作方式选择“AUTO”位置，准备开始加工 ③ 按下循环启动键，循环启动指示灯亮	① 先采用单段加工，注意观察 CRT 屏幕的坐标值和车刀的移动 ② 注意力要集中，手放在急停按钮位置以防止发生意外
7	检验对刀	
8	卸刀具、工件	先卸刀具，后卸工件，并放回合适的位置
9	清理和保养机床	



想一想

在操作时最容易出现问题的是什么？原因是什么？

课题4 检测评判与总结

教学目标：

- 通过检测评判让学生全面了解本项目的学习情况。
- 通过总结经验、教训提出整改措施，为以后项目的学习打下基础。

任务一 检测评判

1. 每位学生根据自己的表现和任务完成情况给自己评定成绩。
2. 组长根据组员的平时表现和上交项目给该成员评定成绩，并做好记录，项目考核表



见表 3-3。

3. 挑选两个作品与其他团队相比，团队之间互评并排出名次。

表 3-3 项目考核表

考核项目	考核要求	分值	自评	小组评价	教师评价	得分
理论知识	编辑方式的作用	5				
	录入方式的作用	5				
	手轮手动方式的作用	5				
	自动方式的作用	5				
	单段的作用	5				
项目成果	程序输入	3				
	刀具装夹及对刀	10				
	验刀	12				
	设备维护	5				
安全文明生产	正确开关机床	5				
	工具、量具的正确使用及放置	10				
	机床维护	5				
学习态度	出勤情况	5				
	实操前的准备	2				
	车间纪律	8				
	团队协作	10				

任务二 总结

(1) 个人总结

通过本项目的学习，自己是否掌握了数控机床的基本操作、数控仿真模拟软件的应用和对刀操作。针对所提出的教学目标，认为自己还有哪些没学会，自己的收获是什么，还存在什么问题（从自身和外界两个方面分析），以及整改措施是什么等。学生就这些方面写一份个人总结。

(2) 团队总结

队长从本队队员的学习态度、团结合作情况、学习效果及取得的成绩等方面，就还存在什么问题和整改措施，写一份总结。

(3) 教师总结

教师针对学生关于本项目的学习情况，是否完成教学目标，存在哪些问题，如何整改等，进行总结。

讨论会

- ① 通过仿真软件的学习，以团队为单位，讨论一下本课题的难点是什么。
- ② 互相交流各自的学习技巧。



项目2 台阶轴的加工

台阶轴如图 3-11 所示，材料为 45#钢，毛坯尺寸为 $\phi 35\text{mm} \times 110\text{mm}$ 。

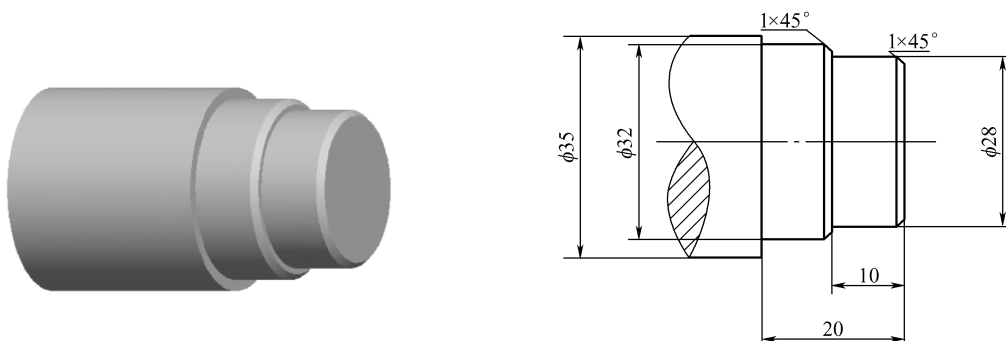


图 3-11 台阶轴

课题1 台阶轴加工的工艺知识

教学目标：

- 熟悉台阶轴加工所使用的刀具。
- 掌握台阶轴加工切削用量的选择方法。

任务一 加工前应掌握的基础知识

由图 3-11 可知，该零件需要加工的表面有 $\phi 32\text{mm}$ 、 $\phi 28\text{mm}$ 外圆柱面及两个倒角。

零件的加工顺序如下：夹住工件左端使右端伸出长 40mm，先加工 $\phi 32\text{mm}$ 外圆柱面，单边留余量 0.25mm，再加工 $\phi 28\text{mm}$ 外圆柱面，单边留余量 0.25mm，然后倒角，最后精加工各外轮廓。



加工时，工件坐标系原点设在右端面中心，采用三爪自定心卡盘装夹工件。

任务二 车削台阶轴的刀具选择

本项目选用 93° 外圆粗、精车刀，见表 3-4。



表 3-4 台阶轴加工刀具

刀 具 名 称	形 状	材 料	几 何 角 度	适 用 场 合
93°外圆粗车刀		YT15	$\alpha_0 = 4^\circ \sim 6^\circ$ $\gamma_0 = 12^\circ \sim 15^\circ$ $K_r = 90^\circ \sim 93^\circ$ $K_r' = 6^\circ \sim 8^\circ$ $\lambda_s = -5^\circ \sim 0^\circ$	粗加工形状单调递增的轮廓及台阶
93°外圆精车刀		YT30	$\alpha_0 = 6^\circ \sim 8^\circ$ $\gamma_0 = 25^\circ \sim 30^\circ$ $K_r = 90^\circ \sim 93^\circ$ $K_r' = 5^\circ \sim 8^\circ$ $\lambda_s = 0^\circ \sim 5^\circ$	半精、精加工形状单调递增的轮廓及台阶

任务三 切削用量的选择

(1) 主轴转速 n

主轴转速根据零件上被加工部位的直径、零件和刀具的材料及加工条件等来确定，主轴转速可按式计算：

$$n = 1000 V_c / \pi d$$

式中， n ——主轴转速（rpm）；

V_c ——切削速度（m/min）；

d ——零件待加工表面的直径（mm）。

(2) 进给量 f

进给量是指工件转一圈，车刀沿进给方向移动的距离，其单位为 mm/r。

(3) 背吃刀量 α_p

背吃刀量是指工件已加工和待加工表面之间的垂直距离。

$$\alpha_p = (D - d)/2$$

式中， α_p ——背吃刀量（mm）；

D ——工件待加工表面的直径（mm）；

d ——工件已加工表面的直径（mm）。

粗车的背吃刀量一般为 1~4mm，精车的背吃刀量一般为 0.2~0.5mm。

加工台阶轴选用的切削用量见表 3-5。

表 3-5 加工台阶轴选用的切削用量

序号	工 艺 内 容	切 削 用 量		
		主轴转速（rpm）	进给量（mm/r）	切削深度（mm）
1	夹住工件外圆，伸出 40mm 长	—	—	—
2	粗车 $\phi 32\text{mm}$ 、 $\phi 28\text{mm}$ 外圆柱面	600	0.3	1
3	从右到左精车各轮廓面	1200	0.1	0.25



课题2 台阶轴加工的程序编制

教学目标:

- 掌握外圆单一循环指令 G90 (980T 系统)、G80 (华中系统)。
- 掌握外圆粗车复合循环指令 G71 和外圆精车复合循环指令 G70 (980T 系统)。

任务一 外圆单一循环指令 G90 (980T 系统)、G80 (华中系统)

1. 指令格式

切削圆柱面时, 格式如下。

980T 系统: G90 X (U) __ Z (W) __ F __

华中系统: G80 X (U) __ Z (W) __ F __

2. 台阶轴加工程序编制

台阶轴数控加工参考程序见表 3-6。

表 3-6 台阶轴数控加工参考程序

程序号: 00001		980T 系统
程序段号	程序内容	说 明
N10	M03S00G99	主轴以 500rpm 正转, 选择每转进给模式
N20	T0101	调出 1 号外圆粗车刀
N30	G00X100Z100	回安全点
N40	G00X36Z1	定粗车外圆的起刀点
N50	G90X33Z - 25F0.3	粗车 $\phi 32$ 外圆
N60	G90X32.5Z - 25F0.3	粗车 $\phi 32$ 外圆
N70	G90X30.5Z - 10F0.3	粗车 $\phi 28$ 外圆
N80	G90X28.5Z - 10F0.3	粗车 $\phi 28$ 外圆
N90	G00X100Z100	回换刀点
N100	M05	停主轴
N110	M00	暂停, 测量尺寸
N120	M03S1000	主轴以 1000rpm 正转
N130	T0202	调出 2 号外圆精车刀及刀补
N140	G00X26Z1	快速定位
N150	G01Z0F0.1	定精车起刀点
N160	X28Z - 1	倒 C1 角
N170	Z - 10	车 $\phi 28$ 的圆柱面
N180	X30	车台阶面
N190	X32Z - 11	倒 C1 角
N200	Z - 20	车 $\phi 32$ 的圆柱面
N205	X35	车台阶面
N210	G00X100Z100	退回安全换刀点
N220	M05	停主轴
N230	T0100	回到 1 号刀并取消刀补
N240	M30	程序结束

续表

程序号: 00001		华中系统
程序段号	程序内容	说明
N10	M03S500G95	主轴以 500rpm 正转, 选择每转进给模式
N20	T0101	调出 1 号外圆粗车刀及刀补
N30	G00X100Z100	回安全换刀点
N40	G00X36Z1	定粗车外圆的起刀点
N50	G80X33Z - 25F0.3	粗车 $\phi 32$ 外圆
N60	G80X32.5Z - 25F0.3	粗车 $\phi 32$ 外圆
N70	G80X30.5Z - 10F0.3	粗车 $\phi 28$ 外圆
N80	G80X28.5Z - 10F0.3	粗车 $\phi 28$ 外圆
N90	G00X100Z100	回换刀点
N100	M05	停主轴
N110	M00	暂停, 测量尺寸
N120	M03S1000	主轴以 1000rpm 正转
N130	T0202	调出 2 号外圆精车刀及刀补
N140	G00X26Z1	快速定位
N150	G01Z0F0.1	定精车起刀点
N160	X28Z - 1	倒 C1 角
N170	Z - 10	车 $\phi 28$ 的圆柱面
N180	X30	车台阶面
N190	X32Z - 11	倒 C1 角
N200	Z - 20	车 $\phi 32$ 的圆柱面
N205	X35	车台阶面
N210	G00X100Z100	退回安全换刀点
N220	M05	停主轴
N230	T0100	回到 1 号刀并取消刀补
N240	M30	程序结束



想一想

用单一固定循环指令 G90 或 G80 加工圆柱面时, 刀具从_____开始, 循环结束又回到_____。



练一练

编写如图 3-12 所示的台阶轴的加工程序。

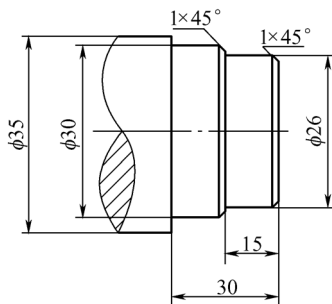


图 3-12 台阶轴



任务二 粗车复合循环指令 G71 和精车复合循环指令 G70 (980T 系统)

1. 指令格式

(1) 980T 系统 G71、G70 指令

① 外圆粗车复合循环指令 G71 格式如下:

G71 U (ΔD) R (E);

G71 P (ns) Q (nf) U (ΔU) W (ΔW) F __;

N (ns) ...

...

N (nf) ...

② 外圆精车复合循环指令 G70 格式如下:

G70 P (ns) Q (nf)

(2) 华中系统 G71 指令

华中系统 G71 指令格式如下:

G71 U (Δd) R (r) P (ns) Q (nf) X (Δx) Z (Δz) F __;

N (ns) ...

...

N (nf) ...

2. 台阶轴加工程序编制

台阶轴数控加工参考程序见表 3-7。

表 3-7 台阶轴数控加工参考程序

程序号: 00001		980T 系统
程序段号	程序内容	说明
N10	M03S500G99	主轴以 500rpm 正转, 选择每转进给模式
N20	G00X100Z100	回安全换刀点
N30	T0101	调出 1 号外圆粗车刀及刀补
N40	G00X36Z1	定粗车外圆的起刀点
N50	G71U1R1	采用外圆粗车循环, 并设置参数。每次切削深度为 1mm, 退刀量为 1mm。N70 ~ N130 为精车刀具轨迹, X 轴方向精车余量为 0.5mm, Z 轴方向为 0.02mm, 进给量为 0.3mm/r
N60	G71P70Q130U0.5W0.02F0.3	
N70	G00X26	零件精加工刀具轨迹
N80	G01Z0F0.1	
N90	X28Z-1	
N100	Z-10	
N110	X30	
N120	X32Z-11	
N130	Z-25	
N140	G00X100Z100	回换刀点
N150	M05	停主轴
N160	M00	暂停, 测量尺寸
N170	M03S1000	主轴以 1000rpm 正转
N180	T0202	调出 2 号外圆精车刀及刀补
N190	G00X36Z1	刀具快速移动到精车循环起点
N200	G70P70Q130	精车零件, 调出 N70 ~ N130 程序段
N210	G00X100Z100	退回安全换刀点
N220	T0100	回到 1 号刀并取消刀补
N230	M30	程序结束

续表

程序号: 00001		华中系统
程序段号	程序内容	说明
N10	M03S500G95	主轴以 500rpm 正转, 选择每转进给
N20	G00X100Z100	回安全换刀点
N30	T0101	调出 1 号外圆粗车刀及刀补
N40	G00X36Z1	定粗车外圆的起刀点
N50	G71U1R1P120Q180X0.5Z0.02F0.3	采用外圆粗车循环, 并设置参数
N60	G00X100Z100	回换刀点
N70	M05	停主轴
N80	M00	暂停, 测量尺寸
N90	M03S1000	主轴以 1000rpm 正转
N100	T0202	调出 2 号外圆精车刀及刀补
N110	G00X36Z1	刀具快速移动到精车循环起点
N120	G00X26	零件精加工刀具轨迹 (N120 ~ N180)
N130	G01Z0F0.1	
N140	X28Z-1	
N150	Z-10	
N160	X30	
N170	X32Z-11	
N180	Z-25	
N190	G00X100Z100	退回安全换刀点
N200	M05	停主轴
N210	M30	程序结束



想一想

如果工件坐标系原点定在工件左端面的中心, 应如何计算基点坐标值? 怎样编写程序?



练一练

请编写如图 3-13、图 3-14 所示零件的加工程序。

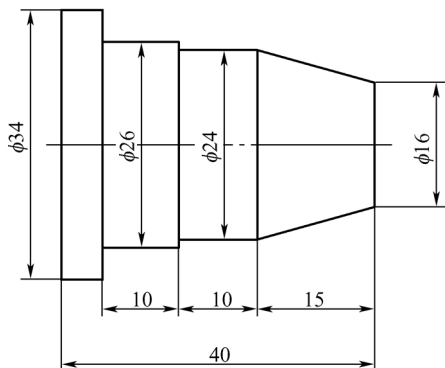


图 3-13 圆锥台阶轴

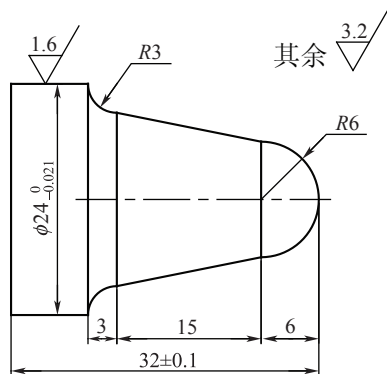


图 3-14 球头圆锥轴



课题3 项目加工

教学目标:

- 熟练掌握台阶轴的仿真加工。
- 熟练掌握台阶轴的实操加工。

任务一 仿真加工

完成程序编制后,利用仿真软件并按表 3-8 所示的加工步骤进行仿真加工。

表 3-8 仿真加工步骤

序 号	仿真操作内容
1	进入仿真界面
2	选择机床及系统
3	开机回零
4	装刀
5	试切对刀
6	输入程序,编辑修改
7	单段加工,检测并针对尺寸误差修正程序或刀具补偿值

任务二 项目加工

利用仿真软件调试好的程序,在机床上完成项目加工,项目加工步骤见表 3-9。

表 3-9 项目加工步骤

序 号	加 工 内 容	注 意 事 项
1	开机回参考点	
2	把工件装入卡盘	工件右端伸出卡盘约 40mm
3	装刀具	① 刀头部分不宜伸出过长,其中心线必须与工件中心线垂直且等高 ② 外圆车刀底部要垫平,以保证刀具工作角度的正确性
4	对刀 ① 启动主轴 ② Z 轴对刀 ③ X 轴对刀	① 切深不能太大 ② 快靠近工件时用手轮慢速进刀以免撞刀 ③ 手轮方向要选择正确 ④ 进行哪个方向的对刀,退刀时那个方向就不能移动 ⑤ 数值要输入对应的刀补号中
5	输入程序 ① 按“PROD”键再按“DIR”软键,进入程序编辑页面 ② 输入程序号 ③ 依次输入各程序段	① 程序要认真检查以免输入错误 ② 可用图形模拟检验所输入程序的正确性



续表

序 号	加 工 内 容	注 意 事 项
6	自动加工 ① 工作方式选择“EDIT”位置，选择和打开文件 ② 工作方式选择“AUTO”位置，准备开始加工 ③ 按循环启动键，循环启动指示灯亮	① 加工时，先采用单段加工，注意观察 CRT 屏幕的坐标值和车刀的移动 ② 注意力要集中，手放在急停按钮位置以防止发生意外
7	测量与检验	多测几次，测量一定要准确；计算正确，正负号不要弄错；补偿值一定要输入到对应的刀补号中
8	卸刀具和工件	先卸刀具，后卸工件，并放回合适的位置
9	清理和保养机床	



想一想

在项目加工中最容易出现问题的是什么？原因是什么？

课题4 检测评判与总结

教学目标：

- 通过检测评判让学生全面了解本项目的学习情况。
- 通过总结经验、教训提出整改措施，为以后项目的学习打下基础。

任务一 检测评判

- ① 每位学生根据自己的表现和任务完成情况给自己评定成绩。
- ② 组长根据组员的平时表现和上交项目给该成员评定成绩，并做好记录，项目考核表见表 3-10。
- ③ 挑选两个作品与其他团队相比，团队之间互评并排出名次。

表 3-10 项目考核表

考 核 项 目	考 核 要 求	分 值	自 评	小 组 评 价	教 师 评 价	得 分
理论知识	零件图分析	5				
	制定加工工艺	5				
	工件定位与装夹	5				
	刀具及切削用量	5				
	程序编制	5				



续表

考核项目	考核要求	分值	自评	小组评价	教师评价	得分
项目成果	程序输入	3				
	刀具装夹及对刀	10				
	图形仿真	2				
	工件加工	5				
	尺寸检验	5				
	设备维护	5				
安全文明生产	正确开关机床	5				
	工具、量具的正确使用及放置	10				
	机床维护	5				
学习态度	出勤情况	5				
	实操前的准备	2				
	车间纪律	8				
	团队协作	10				

任务二 总结

(1) 个人总结

通过本项目的学习，自己是否掌握了台阶轴的加工工艺、数控机床的操作、数控仿真软件的应用及台阶轴的程序编制和加工。针对所提出的教学目标，认为自己还有哪些没学会，自己的收获是什么，还存在什么问题（从自身和外界两个方面分析），以及整改措施是什么等。学生就这些方面写一份个人总结。

(2) 团队总结

队长从本队队员的学习态度、团结合作情况、学习效果及取得的成绩等方面，就还存在什么问题和整改措施，写一份总结。

(3) 教师总结

教师针对学生关于本项目的学习情况，是否完成教学目标，存在哪些问题，如何整改等，进行总结。



想一想

- ① 工件坐标系一般选择在哪个位置？
- ② 使用 G71 指令时应注意哪些问题？
- ③ 根据图 3-15 和图 3-16，用 G90 或 G71 指令编写程序，比较一下哪一个更简单，并进行实操练习（切断可用手动）。

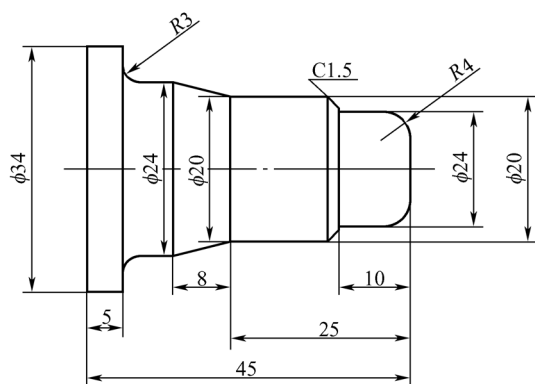


图 3-15 倒圆台阶轴

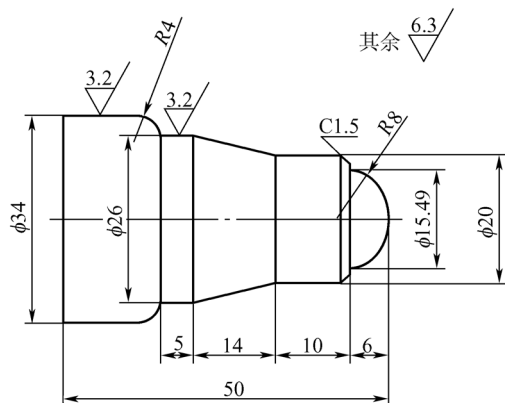


图 3-16 半球头圆锥轴

项目 3 沟槽的加工

沟槽圆柱轴如图 3-17 所示，材料：45#钢，毛坯为项目 2 用料。

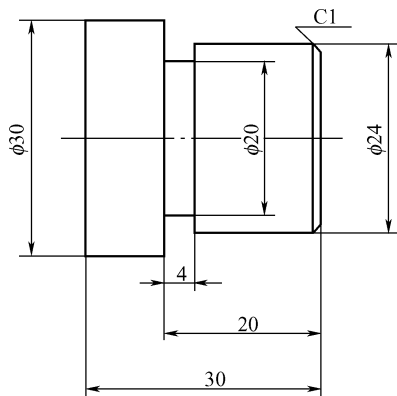
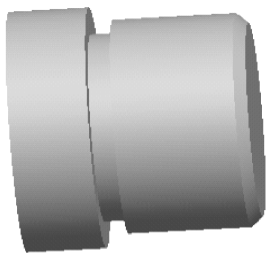


图 3-17 沟槽圆柱轴

课题 1 沟槽加工的工艺知识

教学目标：

- 掌握窄槽和宽槽的车削方法。
- 合理选择切槽时的切削用量。
- 熟练掌握切槽刀对刀点的选择和对刀方法。

任务一 加工沟槽的基础知识

如果所加工沟槽的宽度不大，可采用刀头宽度等于槽宽的车刀，一次直进切削。精度要求较高时，切槽至尺寸后，使刀具在槽底停留几秒钟，以光整槽底。



如果加工沟槽的宽度大于切槽刀头宽度，加工时要分几次走刀，每次切削轨迹在宽度上应略有重叠，并留有加工余量，最后精车槽侧面和槽底。

任务二 车削沟槽的刀具选择

1. 切槽刀的特点

一般切槽（断）刀的主切削刃较窄，刀头较长，所以强度较差。实际生产中，主要使用高速钢和硬质合金切槽（断）刀。其主切削刃宽度和刀头长度有一定的关系，可按下列公式计算：

$$A = (0.5 \sim 0.6) D^{1/2}$$

$$L = h + (2 \sim 3)$$

式中， A ——切削刃宽度（mm）；

D ——工件待加工表面直径（mm）；

L ——刀头长度（mm）；

h ——工件被切入的深度（mm）。

2. 切槽刀的刀位点

切槽刀一般有两个刀位点，在编写程序时只能选择其中的一个作为刀位点，通常选择左刀尖作为刀位点，这样对刀比较方便。

3. 切槽刀的选用

本项目中切槽刀的选用见表3-11。

表 3-11 切槽刀的选用

刀具名称	形状	材料	几何角度	适用场合
切槽刀		YT15	前角 $\gamma_0 = 15^\circ \sim 20^\circ$ 后角 $\alpha_0 = 6^\circ \sim 8^\circ$ 副后角 $\alpha_1 = 1^\circ \sim 2^\circ$ 副偏角 $K_r' = 1^\circ \sim 1.5^\circ$	适用于中碳钢零件的切槽、切断加工

任务三 切削用量的选择

当切槽（断）刀的刀宽为3~5mm时，主轴转速一般取200~400rpm，进给量一般取0.05~0.1mm/r。本项目具体的切削用量见表3-12。

表 3-12 加工沟槽圆柱轴选用的切削用量

序号	工艺内容	切削用量		
		主轴转速 rpm	进给量 (mm/r)	切削深度 (mm)
1	夹住工件外圆，伸出40mm长	—	—	—
2	粗车 $\phi 32\text{mm}$ 、 $\phi 28\text{mm}$ 外圆柱面	600	0.3	1
3	从右到左精车轮廓面	1200	0.1	0.25
4	切槽	300	0.08	—



课题2 沟槽圆柱轴加工的程序编制

教学目标:

- 掌握切窄槽用指令 G01 和暂停指令 G04。
- 熟练刃磨切槽刀，切槽刀应能满足用 G01 指令切槽的条件。
- 熟练掌握螺纹退刀槽的编程。

1. 暂停指令 G04 指令格式

980T 系统: G04 X __

华中系统: G04 P __

2. 沟槽圆柱轴程序编制

沟槽圆柱轴数控加工参考程序见表 3-13。

表 3-13 沟槽圆柱轴数控加工参考程序

程序号: O0002		980T 系统
程序段号	程序内容	说明
N10	M03S300G99	主轴以 500rpm 正转，选择每转进给模式 刀具回到安全位置，冷却液开 调出 1 号外圆粗车刀及刀补 定粗车外圆的起刀点 外圆粗车循环
N20	G00X100Z100M08	
N30	T0101	
N40	G00X36Z1	
N50	G71U1R1	循环程序段 (N70 ~ N120)
N60	G71P70Q120U0.5W0.02F0.3	
N70	G00X22	
N80	G01Z0F0.1	
N90	X24Z - 1	快速回换刀点 调出 2 号外圆粗车刀及刀补 定精车外圆的起刀点 外圆精车循环
N100	X24Z - 20	
N110	X30	
N120	X30Z - 35	
N130	G00X100Z100	快速回换刀点 调出 3 号切槽刀，左刀尖对刀，3 号刀补 快速定位到切槽的起刀点 切槽第一刀 X 向留 0.2mm 余量
N140	T0202	
N150	G0X36Z1	
N160	G70P70Q120	
N170	G00X100Z100	退刀至第一刀切槽起点 进刀至第二刀切槽起点 切槽第二刀 暂停 1 秒 精车槽底 X 轴退刀
N180	T0303	
N190	G00X34Z - 19	
N200	G01X25.2F0.08	
N210	G01X34	快速回换刀点 冷却液关，取消 3 号刀补 主轴停止 主程序结束，返回程序起点
N220	Z - 20	
N230	X25F0.08	
N240	G04 X1	
N250	Z - 19	
N260	X37	
N270	G00X100Z100	
N280	M09T0300	
N290	M05	
N300	M30	



续表

程序号: 00002		华中系统
程序段号	程序内容	说明
N10	M03S300G95	主轴以 500rpm 正转, 选择每转进给模式
N20	G00X100Z100G95M08	回到安全位置, 冷却液开
N25	T0101	调出 1 号外圆粗车刀及刀补
N30	G00X36Z1	定外圆粗车的起刀点
N40	G71U1R1P70Q120X0.5Z0.02F0.3	外圆粗车循环程序段 (N70 ~ N120)
N50	G00X100Z100	
N60	T0202	
N70	G00X22Z3	
N80	G01Z0F0.1	
N90	X24Z-1	
N100	X24Z-20	快速回换刀点
N110	X30	调出 2 号外圆精车刀及刀补
N120	X30Z-35	外圆精车程序段 (N70 ~ N120)
N130	G00X100Z100	快速回换刀点
N140	T0303	调出 3 号切槽刀, 左刀尖对刀, 3 号刀补
N150	G00X34Z-19	快速定位到切槽的起刀点
N160	G01X25.2F0.08	切槽第一刀 X 向留 0.2mm 余量
N170	G01X34	退刀至第一刀切槽起点
N180	Z-20	进刀至第二刀切槽起点
N190	X25F0.08	切槽第二刀
N200	G04 P1	暂停 1 秒
N210	Z-19	精车槽底
N220	X37	X 轴退刀
N230	G00X100Z100	快速回换刀点
N240	M09T0300	冷却液关, 取消 3 号刀补
N250	M05	主轴停止
N260	M30	主程序结束, 返回程序起点

课题3 项目加工

教学目标:

- 熟练掌握槽的仿真加工。
- 掌握切槽刀的正确安装方法。
- 熟练掌握螺纹退刀槽的实操加工。

任务一 仿真加工

完成程序编制后, 利用仿真软件调式程序。



想一想

- ① 加工如图 3-17 所示的零件，可分哪几个工步完成？
- ② 装夹 $\phi 35\text{mm}$ 棒料的外圆表面，使用_____，棒料伸出卡盘的长度为_____。
- ③ 所有的刀具都有_____、_____、_____。
- ④ 完成程序编制后，利用仿真软件调试程序。请补全表 3-14 中的仿真加工步骤。

表 3-14 仿真加工步骤

序 号	仿真操作内容
1	进入仿真界面
2	选择机床及系统
3	
4	
5	
6	
7	单段加工，检测并针对尺寸误差修正程序或刀具补偿值

任务二 项目加工

利用仿真软件调试好的程序，在机床上完成项目的加工，并在表 3-15 内补全加工步骤及注意事项。

表 3-15 项目加工步骤

序 号	加 工 内 容	注 意 事 项
1	开机	
2	把工件装入卡盘	工件右端伸出卡盘约 85mm
3	装刀具	① 刀头部分不宜伸出过长，其中心线必须与工件中心线垂直且等高，以保证两副偏角相等对称 ② 切断实心工件时，刀具必须与工件中心线等高
4		
5	输入程序 ① 按“PROD”键再按“DIR”软键，进入程序编辑页面 ② 输入程序号 ③ 依次输入各程序段	① 程序要认真检查以免输入错误 ② 可用图形模拟检验所输入程序的正确性
6	自动加工 ① 工作方式选择放在“EDIT”位置，选择和打开文件 ② 工作方式选择放在“AUTO”位置，准备开始加工 ③ 按循环启动键，循环启动指示灯亮	



课题4 检测评判与总结

教学目标：

- 通过检测评判让学生全面了解本项目的学习情况。
- 通过总结经验、教训提出整改措施，为以后项目的学习打下基础。

任务一 检测评判

- ① 每位学生根据自己的表现和任务完成情况给自己评定成绩。
- ② 组长根据组员的平时表现和上交项目给该成员评定成绩，并做好记录，项目考核表见表3-16。
- ③ 挑选两个作品与其他团队相比，团队之间互评并排出名次。

表3-16 项目考核表

考核项目	考核要求	分值	自评	小组评价	教师评价	得分
理论知识	零件图分析	5				
	制定加工工艺	5				
	工件定位与装夹	5				
	刀具及切削用量	5				
	程序编制	5				
项目成果	程序输入	3				
	刀具装夹及对刀	10				
	图形仿真	2				
	工件加工	5				
	尺寸检验	5				
	设备维护	5				
安全文明 生产	正确开关机床	5				
	工具、量具的正确使用及放置	10				
	机床维护	5				
学习态度	出勤情况	5				
	实操前的准备	2				
	车间纪律	8				
	团队协作	10				

任务二 总结

(1) 个人总结

通过本项目的学习，自己是否掌握了沟槽的加工工艺、切削用量的选择及螺纹退刀槽的编程和加工。针对所提出的教学目标，认为自己还有哪些没学会，自己的收获是什么，还存在什么问题（从自身和外界两个方面分析），以及整改措施是什么等学生就这些方面写一份个人总结。

队长从本队队员的学习态度、团结合作情况、学习效果及取得的成绩等方面，就还存在什么问题和整改措施，写一份总结。

(3) 教师总结

教师针对学生关于本项目的学习情况，是否完成教学目标，存在哪些问题，如何整改等，进行总结。



练一练

- ① G75 指令的格式是什么?
- ② 编写如图 3-18 所示不等距槽的加工程序, 毛坯为 $\phi 35\text{mm} \times 60\text{mm}$, 材料为 45#钢。
- ③ 编写如图 3-19 所示 V 形槽的加工程序, 毛坯为 $\phi 35\text{mm} \times 50\text{mm}$, 材料为 45#钢。

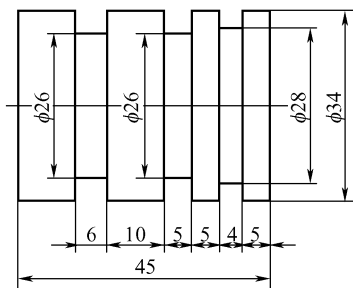


图 3-18 不等距槽

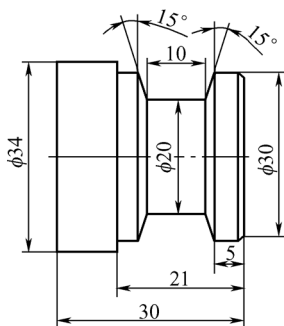


图 3-19 V 形槽

项目4 三角形螺纹的加工

三角形螺纹轴如图 3-20 所示, 材料为 45#钢, 毛坯为项目 3 用料。

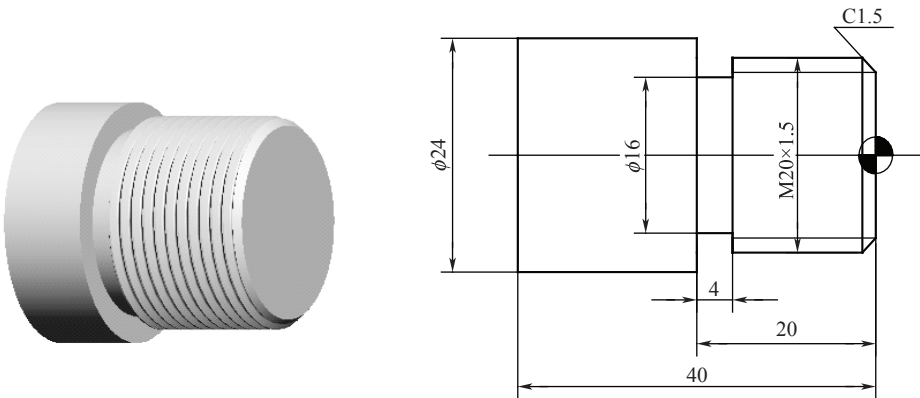


图 3-20 三角形螺纹轴



课题1 三角形螺纹加工的工艺知识

教学目标:

- 熟悉三角形螺纹加工的刀具结构。
- 掌握螺纹加工的尺寸计算方法和切削用量的选择。

任务一 三角形螺纹加工的基础知识

1. 螺纹的类型

螺纹的类型很多,按牙型的不同,螺纹可以分为普通螺纹(三角形螺纹)、管螺纹、矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿螺纹等。除矩形螺纹外,其他均已标准化。除多数管螺纹采用英制(用每英寸牙数表示螺距)以外,其他均采用公制。

2. 普通螺纹加工的一般方法

- ① 刀具刃磨:螺纹车刀的刃磨一定要用角度样板进行检验,车刀刀尖倒棱取约 $0.1P$ 。
- ② 刀具装夹:螺纹车刀的装夹在车一刀外圆或端面后进行,用中心规严格,校正车刀的中心线垂直于工件轴线。
- ③ 车外圆:外圆车至比公称直径约小 $0.13P$ 。
- ④ 螺纹深度:对于普通三角形螺纹的加工,切入深度(牙高)可取 $0.649P$ 。
- ⑤ 螺纹加工要多刀切削,分刀方法可参考表 3-17。

任务二 普通螺纹牙型的参数

普通螺纹又称三角形螺纹,主要参数有大径、小径、中径、螺距 P 、导程 S 、升角和牙型角,其中大径作为螺纹的公称直径。如图 3-21 所示为普通螺纹的基本参数。

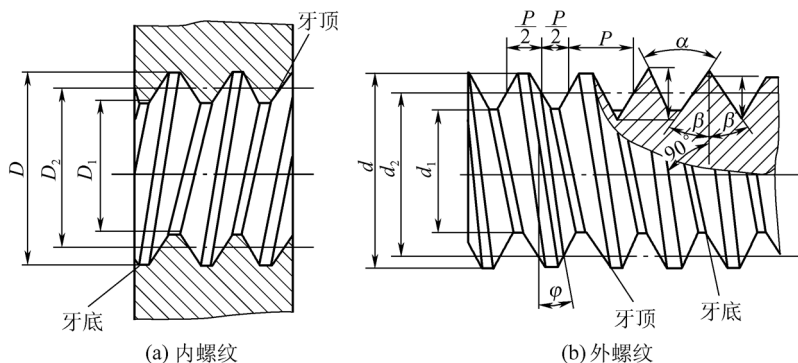


图 3-21 普通螺纹的基本参数

注意:外螺纹各参数符号用小写字母表示,内螺纹各参数符号用大写字母表示。

任务三 车削螺纹轴的刀具选择

螺纹车刀有两种。一种是成形车刀(如图 3-22 所示),其加工零件的轮廓形状完全由车刀的形状和尺寸决定。图 3-22 中 8 号刀为外螺纹车刀,10 号刀为内螺纹车刀。

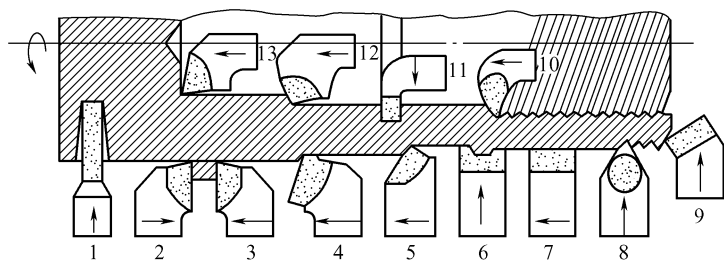


图 3-22 成形车刀

另一种是机夹可转位车刀。为了减少换刀时间和方便寻刀，便于实现机械加工的标准化，数控车削应尽量采用机夹刀，其结构如图 3-23 所示。



(a) 内螺纹车刀



(b) 外螺纹车刀

图 3-23 机夹可转位车刀

任务四 切削用量的选择

1. 主轴转速 n

在车削螺纹时，车床的主轴转速受到螺纹的螺距（或者说导程）、驱动电动机的特性及螺纹插补运算速度等多种因素影响，所以对于不同的数控系统，有不同的主轴转速选择范围。例如，大多数经济型车床数控系统车螺纹时的推荐主轴转速如下：

$$N = 1200 / P - K$$

式中， P ——螺距（mm）；

K ——保险系数，一般取 80；

N ——主轴转速（rpm）。

加工图 3-20 中的 $M20 \times 1.5$ 普通外螺纹时，主轴转速 $N = 1200 / P - K = 1200 / 1.5 - 80 = 720$ ，根据零件材料、刀具等因素，主轴转速一般适当取小些，所以取 500rpm。

2. 进给速度 F

单线螺纹的进给速度等于螺距，即 $F = P$ ，单位为 mm/r。

多线螺纹的进给速度等于导程，即 $F = S$ ，单位为 mm/r。

加工图 3-20 中 $M20 \times 1.5$ 普通外螺纹时，进给速度取 1.5mm/r。



3. 切削深度（见表 3-17）

表 3-17 常用公制螺纹切削时的进给次数与切削深度推荐值

（单位：mm）

螺 距		1.0	1.5	2	2.5	3	3.5	4
牙深（半径量）		0.649	0.974	1.299	1.624	1.949	2.273	2.598
切削深度 （直径量） 及切削次数	1 次	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.5
	2 次	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
	3 次	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	4 次	—	0.16	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6
	5 次	—	—	0.1	0.4	0.4	0.4	0.4
	6 次	—	—	—	0.15	0.4	0.4	0.4
	7 次	—	—	—	—	0.2	0.2	0.4
	8 次	—	—	—	—	—	0.15	0.3
	9 次	—	—	—	—	—	—	0.2

课题2 三角形螺纹轴加工的程序编制

教学目标：

- 掌握 G92、G76 的指令格式。
- 采用 G76 指令对螺纹加工进行编程。

任务一 螺纹加工 G92 指令

1. 指令格式

公制圆柱螺纹切削循环：G92 X (U) ____ Z (W) ____ F ____；

英制圆柱螺纹切削循环：G92 X (U) ____ Z (W) ____ I ____；

公制圆锥螺纹切削循环：G92 X (U) ____ Z (W) ____ R ____ F ____；

英制圆锥螺纹切削循环：G92 X (U) ____ Z (W) ____ R ____ I ____；

2. 三角形螺纹轴程序编制

三角形螺纹轴数控加工参考程序见表 3-18。

表 3-18 三角形螺纹轴数控加工参考程序

程序号：O0003		980T 系统
程序段号	程序内容	说 明
N10	M03S300G99	主轴以 500rpm 正转，选择每转进给模式 刀具回到安全位置，冷却液开 调出 1 号外圆粗车刀及刀补 定粗车外圆的起刀点 外圆粗车循环 循环程序段（N70 ~ N120）
N20	G00X100Z100M08	
N30	T0101	
N40	G00X36Z1	
N50	G71U1R1	
N60	G71P70Q120U0.5W0.02F0.3	
N70	G00X16.8	
N80	G01Z0F0.1	



续表

程序号: 00003		980T 系统
程序段号	程序内容	说明
N90	X19.8Z - 1.5	
N100	X19.8Z - 20	
N110	X24	
N120	X24Z - 45	
N130	G00X100Z100	快速回换刀点
N140	T0202	调出 2 号外圆精车刀及刀补
N150	G0X30Z1	定精车外圆的起刀点
N160	G70P70Q120	外圆精车循环
N170	G00X100Z100	快速回换刀点
N180	T0303	调出 3 号切槽刀, 左刀尖对刀, 3 号刀补
N190	G00X25Z - 19	快速定位到切槽的起刀点
N200	G01X16F0.08	切槽第一刀 X 向留 0.2mm 余量
N210	G01X25	退刀至第一刀切槽起点
N220	Z - 20	进刀至第二刀切槽起点
N230	X16F0.08	切槽第二刀
N240	X26	X 轴退刀
N250	G00X100Z100	快速回换刀点
N260	M03S500	调整螺纹加工主轴转速, S500
N270	T0404	调出 4 号螺纹车刀
N280	G00X22Z2	快速定位至螺纹加工起点
N290	G92X19.2Z - 18F1.5	设定螺纹加工参数, 第一次分刀
N300	X18.4	第二次分刀
N310	X18.1	第三次分刀
N320	X18.05	第四次分刀
N330	G00X100Z100	返回起刀点
N340	T0303	调出 3 号切槽刀
N350	M3 S300	调整切断转速, S300
N360	G00X25Z - 43	快速定位到切断的起刀点
N370	G01X0.5F0.08	切断
N380	G01X25	X 轴退刀
N390	G00X100Z100	快速回换刀点
N400	M09	冷却液关
N410	M05	主轴停止
N420	M30	主程序结束, 返回程序起点



续表

程序号: O0003		华中系统
程序段号	程序内容	说明
N10	M03S300G95	主轴以 500rpm 正转, 选择每转进给模式
N20	G00X100Z100G95M08	刀具回到安全位置, 冷却液开
N25	T0101	调出 1 号外圆粗车刀及刀补
N30	G00X36Z1	定外圆粗车的起刀点
N40	G71U1R1P70Q120X0.5Z0.02F0.3	外圆粗车循环程序段 (N70 ~ N120)
N50	G00X100Z100	快速回换刀点
N60	T0202	调出 2 号外圆精车刀及刀补
N70	G00X16.8Z3	外圆精车程序段 (N70 ~ N120)
N80	G01Z0F0.1	
N90	X19.8Z - 1.5	
N100	X19.8Z - 20	
N110	X24	
N120	X24Z - 45	
N130	G00X100Z100	快速回换刀点
N140	T0303	调出 3 号切槽刀, 左刀尖对刀, 3 号刀补
N150	G00X25Z - 19	快速定位到切槽的起刀点
N160	G01X16F0.08	切槽第一刀 X 向留 0.2mm 余量
N170	G01X25	退刀至第一刀切槽起点
N180	Z - 20	进刀至第二刀切槽起点
N190	X16F0.08	切槽第二刀
N200	X25	X 轴退刀
N210	G00X100 Z100	快速回换刀点
N220	M03S500	调整螺纹加工主轴转速, S500
N230	T0404	调出 4 号螺纹车刀
N240	G00X22Z2	快速定位至螺纹加工起点
N250	G82X19.2Z - 18F1.5	设定螺纹加工参数, 第一次分刀
N260	X18.4	第二次分刀
N270	X18.1	第三次分刀
N280	X18.05	第四次分刀
N290	G00X100Z100	返回起刀点
N300	T0303	调出 3 号切槽刀
N310	M3 S300	调整切断转速, S300
N320	G00X25Z - 43	快速定位到切断的起刀点
N330	G01X0.5F0.08	切断
N340	G01X25	X 轴退刀
N350	G00X100Z100	快速回换刀点
N360	M09	冷却液关
N370	M05	主轴停止
N380	M30	主程序结束, 返回程序起点

任务二 螺纹复合切削循环 G76 指令

1. 指令格式

G76 P (m) (r) (a) Q (Δd_{\min}) R (d);



G76 X (U) __ Z (W) __ R (i) P (k) Q (Δd) F __;

2. 三角形螺纹轴加工程序编制

表 3-19 中的三角螺纹轴数控加工参考程序只写出了使用复合切削循环指令 G76 加工螺纹部分的程序, 而其他部分的程序与表 3-18 的相同。

表 3-19 三角形螺纹轴数控加工参考程序 (980T 系统)

程序段号	程序内容	说 明
...
N250	G00X100Z100	快速回换刀点
N260	M03S500	调整螺纹加工主轴转速, S500
N270	T0404	调出 4 号螺纹车刀
N280	G00X22Z3	快速移动到螺纹加工起刀点
N290	G76P020060Q100R0.1	设置螺纹加工参数
N300	G76X18.05Z - 17P975Q400F1.5	进行螺纹切削循环
...

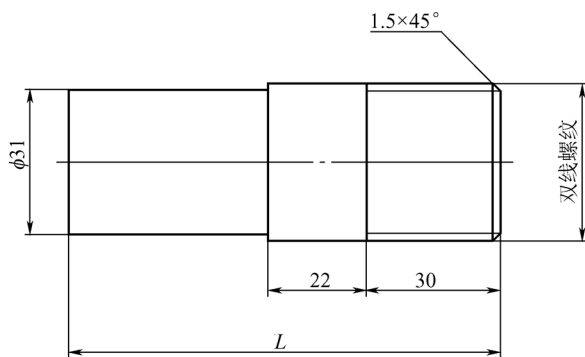


练一练

(1) 双线螺纹加工

实训要求:

- 掌握用 G92 指令加工双线螺纹的方法。
- 双线螺纹螺纹升角较大, 要检查车刀左边的后角是否适应。
- 编写如图 3-24 所示工件的加工程序。



	螺 纹 尺 寸	L
第一次	M32 × 3 (P1.5)	70
第二次	M3428 × 3 (P1.5)	70

图 3-24 双线螺纹轴

(2) 梯形螺纹加工

实训要求:

- 掌握梯形螺纹的尺寸计算及标注方法。
- 掌握梯形螺纹车刀刃磨、装夹方法。
- 了解在普通车床上加工梯形螺纹的方法。
- 掌握用 G76 指令加工梯形螺纹的方法。
- 编写如图 3-25 所示工件的加工程序。

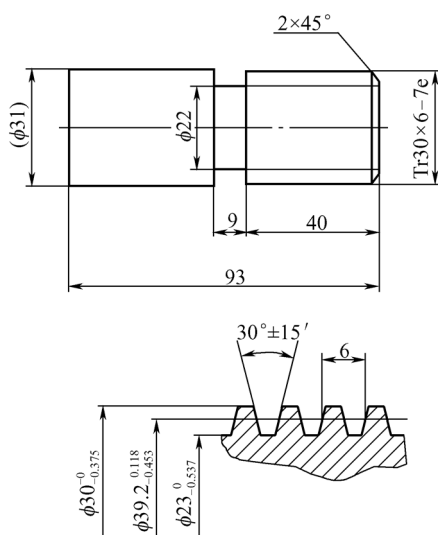


图 3-25 梯形螺纹轴

课题3 项目加工

教学目标：

- 熟练掌握螺纹轴的仿真加工。
- 掌握螺纹刀的正确安装方法。
- 熟练掌握螺纹轴的实操加工。

任务一 仿真加工

手工完成程序编制后，利用仿真软件调试程序。



想一想

- ① 加工图 3-20 所示零件可分 6 个工步完成：车右端面、_____、精车外圆表面、_____、_____、切断。
- ② 螺纹的螺距为 1.5 时，螺纹加工走刀次数是_____次，分层切削余量分别是_____。
- ③ G92 指令是螺纹_____指令，其格式中的 X (U) 是指_____，Z (W) 是指_____，R 是指_____，F 是指_____。
- ④ 请写出表 3-20 中仿真加工步骤未完成的部分。



表 3-20 仿真加工步骤

序 号	仿真操作内容
1	进入仿真界面
2	选择机床及系统
3	
4	
5	
6	
7	单段加工, 检测并针对尺寸误差修正程序或刀具补偿值

任务二 项目加工

利用仿真软件调试好的程序, 在机床上完成项目的加工, 并在表 3-21 内补全加工步骤及注意事项。

表 3-21 项目加工步骤

序 号	加 工 内 容	注 意 事 项
1	开机	
2		
3	装刀具	① 刀头部分不宜伸出过长, 刀尖对称线必须与工件中心线垂直, 否则, 螺纹刀加工出的螺纹牙型不对称 ② 刀具必须与工件中心线等高, 否则刀具受力状况不好, 影响刀具寿命和加工质量
4	对刀	用试切法对刀, 提高加工质量
5		
6		
7	检测	三角螺纹的测量

课题4 检测评判与总结

教学目标:

- 通过检测评判让学生全面了解本项目的学习情况。
- 通过总结经验、教训提出整改措施, 为以后项目的学习打下基础。

任务一 检测评判

① 每位学生根据自己的表现和任务完成情况给自己评定成绩。

② 组长根据组员的平时表现和上交项目给该成员评定成绩, 并做好记录, 项目考核表见表 3-22。

③ 挑选两个作品与其他团队相比, 团队之间互评并排出名次。



表 3-22 项目考核表

考核项目	考核要求	分值	自评	小组评价	教师评价	得分
理论知识	零件图分析	5				
	制定加工工艺	5				
	工件定位与装夹	5				
	刀具及切削用量	5				
	程序编制	5				
项目成果	程序输入	3				
	刀具装夹及对刀	10				
	图形仿真	2				
	工件加工	5				
	尺寸检验	5				
	设备维护	5				
安全文明 生产	正确开关机床	5				
	工具、量具的正确使用及放置	10				
	机床维护	5				
学习态度	出勤情况	5				
	实操前的准备	2				
	车间纪律	8				
	团队协作	10				

任务二 总结

(1) 个人总结

通过本项目的学习，自己是否掌握了三角形螺纹的加工工艺、切削用量的选择及相关的编程和加工。针对所提出的教学目标，认为自己还有哪些没学会，自己的收获是什么，还存在什么问题（从自身和外界两个方面分析），以及整改措施是什么等。学生就这些方面写一份个人总结。

(2) 团队总结

队长从本队队员的学习态度、团结合作情况、学习效果及取得的成绩等方面，就还存在什么问题和整改措施，写一份总结。

(3) 教师总结

教师针对学生关于本项目的学习情况，是否完成教学目标，存在哪些问题，如何整改等，进行总结。



练一练

- ① 螺纹加工时，如果进给倍率不在 100% 上，会出现什么结果？
- ② 加工螺纹时怎样对螺纹刀？
- ③ 单线螺纹加工的进给速度 F 为什么必须等于螺距？多线螺纹加工的进给速度应该等于多少？
- ④ 编写如图 3-26 所示零件的加工程序。

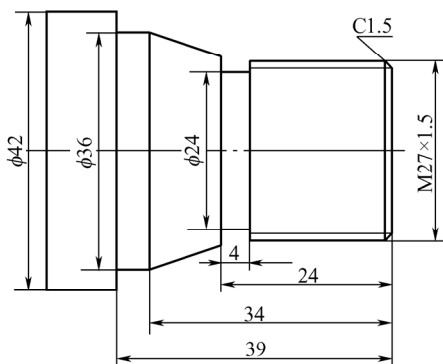


图 3-26 螺纹圆锥轴

讨论会

- ① 双头螺纹的编程方法是什么？
- ② 梯形螺纹车刀如何刃磨？梯形外螺纹的牙型高度、牙顶宽度及牙底宽度如何计算？

项目 5 特形面的加工

葫芦如图 3-27 所示，材料为 45# 钢，毛坯为项目 4 用料。

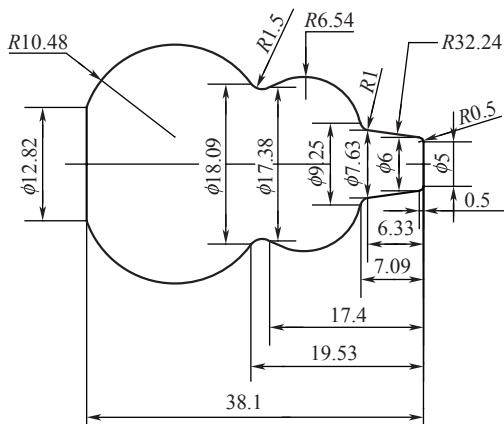
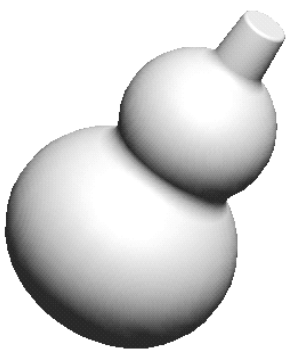


图 3-27 葫芦



课题1 特形面加工的车削方法

教学目标:

- 掌握数控加工特形面的工艺方案处理原则。
- 合理选择切削一般特形面的刀具和切削用量。
- 了解和掌握刀尖圆弧半径补偿原理和应用及刀具参数选择。

任务一 基础知识工艺分析

用数控车床加工特形面时,只要按照数控系统编程的格式要求,编写出相应的圆弧插补指令,数控车床两坐标轴即可按事先编制好的程序指令进行相应的插补运动,从而加工出所需要的特形面。因此,其质量主要取决于操作者编制程序的合理性及机床数控系统的精度。

用数控车床加工特形面的工艺方案也应符合“先粗后精”、“先近后远”、“先内后外”等加工工艺方案。由于加工工艺的分析及处理工作涉及的因素较多,所以,首先应根据本学校(企业单位)的数控设备种类、操作者的技术素质等实际情况,尽量使工艺处理过程简单易行,并能满足加工要求。

任务二 刀具及切削用量的选择

在数控车削加工中,特形面常指的是一些圆弧面或形状有凹凸等比较特殊的面,对于这种面的加工,在刀具的选择上与前面所讲的项目有些不同,值得大家注意。

1. 刀具的选择

一般形状的特形面加工在数控车床上多采用副偏角较大的 90° 偏刀或尖刀,条件好的也可选用机械夹固式的菱形刀片进行加工。加工球类零件时,精车时也可选用圆弧形刀具。目前,在数控加工中,广泛采用不重磨机夹可转位车刀,这种车刀使用时可节省换刀、对刀时间,节省刀杆材料。

2. 切削用量的选择

切削用量的选择主要考虑工件材料性能及装夹强度、机床主轴刚性及进给系统刚性、刀具几何参数等因素。由于数控机床精度较高,为了维护其高精度的连续寿命,应避免过大的切削力对数控机床精度造成不良的影响。

粗车时,背吃刀量 $a_p \leq 2\text{mm}$ 为宜。





进给量主要取决于机床进给系统刚性及刀具几何参数等因素,视具体情况选取,一般粗车取较大值,以保证较好的断屑效果及加工效率。精车时要根据工件表面质量要求适量选取。

切削速度应根据机床性能、工件材料性能、刀具形状及材料性能等因素来适当选取。一般粗车材料硬度高,则切削速度取低些;粗车材料硬度较低,则切削速度取高些。精车时,可适当提高工件的切削速度。目前,加工45#钢大多使用P类硬质合金,其切削速度一般不大于 220mm/min 。

常见的加工特形面刀具的形状、刀具角度和使用场合见表3-23。



表 3-23 常见的特形面加工刀具

刀具名称	形状	材料	几何角度	适用场合
外圆车刀		硬质合金	$\alpha_o = 6^\circ \sim 8^\circ$ $\gamma_o = 25^\circ \sim 30^\circ$ $K_r = 90^\circ \sim 93^\circ$ $K_r' = 5^\circ \sim 8^\circ$ $\lambda_s = 0^\circ \sim 5^\circ$	加工形状单调递增的轮廓
外圆螺纹车刀		硬质合金	后角 $\alpha_o = 5^\circ \sim 15^\circ$ 右侧后角 $\alpha_{or} = 3^\circ$ 左侧后角 $\alpha_{ol} = 4^\circ \sim 6^\circ$ $\gamma_o = 0^\circ \sim 5^\circ$	适用于单调的特形面的加工（建议少用，由于刀比较尖，建议 a_p 和 f 值取小些）
尖刀 (仿形车刀)		硬质合金	$\alpha_o = 8^\circ \sim 10^\circ$ $\gamma_o = 15^\circ \sim 25^\circ$ $K_r = 90^\circ \sim 93^\circ$ $K_r' = 30^\circ \sim 55^\circ$ $\lambda_s = 0^\circ \sim 5^\circ$	适用场合最广，用于常见的非单调特形面的加工，由于刀比较尖，建议 a_p 和 f 值取小些
圆弧车刀		硬质合金	$\alpha_o = 5^\circ \sim 7^\circ$ $\gamma_o = 0^\circ \sim 10^\circ$ $\lambda_s = 0^\circ$	精度要求较高的特形面的加工，由于加工时接触面较宽，建议 a_p 和 f 值取小些

课题2 葫芦加工的程序编制

教学目标：

- 掌握 G73 指令的格式。
- 掌握 G41、G42、G40 指令的格式。
- 学会使用 G73 指令编写程序。

任务一 葫芦加工程序的相关指令

1. 封闭循环指令 G73 指令格式

G73 U (ΔI) W (ΔK) R (D);
 G73 P (ns) Q (nf) U (ΔU) W (ΔW) F __;
 N (ns) ...
 ...
 N (nf) ...

2. 刀尖圆弧半径补偿指令 G41、G42、G40

建立半径补偿：G41 G00/G01 X (U) __ Z (W) __ F __ (左补)
 G42 G00/G01 X (U) __ Z (W) __ F __ (右补)
 取消半径补偿：G40 G00/G01 X (U) __ Z (W) __ F __



3. 葫芦加工程序的编制

葫芦数控加工参考程序见表 3-24。

表 3-24 葫芦数控加工参考程序

程序号: 00005		980T 系统
程序段号	程序内容	说明
N10	M03S500	主轴 500rpm 正转
N20	T0101	调 1 号刀具补
N25	G40G00X100Z100G99	快速定位至起刀点
N30	G00X35Z1	快速定位至粗车起刀点
N40	G73U7.5R0.007	G73 指令
N50	G73P60Q150U0.5W0.1F0.2	
N60	G42G1X5F0.05	精加工轨迹起始程序段, 建立刀尖半径右补偿
N70	Z0	
N80	G03X6Z-0.5R0.5	
N90	G2X7.63Z-6.23R32.24	
N100	G2X9.25Z-7.09R1	
N110	G3X17.38Z-17.40R6.54	
N120	G2X18.09Z-19.53R1.5	
N130	G3X12.82Z-38.1R10.48	
N140	G1Z-45	
N150	X30	精加工轨迹终止程序段
N160	G00X100Z100	快速返回起刀点
N170	M03S1000	主轴 1000rpm 正转
N180	T0101	调 1 号刀
N190	G00X32Z1G99	快速定位至精车起刀点
N200	G70P70Q150	精加工外圆
N210	G40G00X100Z100	快速返回起刀点并取消刀尖半径补偿
N220	M05	主轴停止
N230	M30	程序结束

课题 3 葫芦项目加工

教学目标:

- 熟练掌握特形面的仿真加工。
- 熟练掌握特形面的实操加工。

任务一 仿真加工

关于葫芦的加工, 首先要进行该项目工艺分析, 并完成程序的编制, 然后利用模拟仿真软件进行程序的调试。



想一想

- ① 由图 3-27 可以知, 该零件可分 4 个工步完成: 车右端面、____、____、切断。
- ② G73 指令是____指令, 其中 U (ΔI) 是指____, W (ΔK) 是指____, R (D) 是指____, U (ΔU) 是指____, W (ΔW) 是指____。
- ③ 该零件毛坯大小为 $\phi 25\text{mm}$, 该零件使用 G73 指令加工时, U (ΔI) 选择____合适, 走刀次数 R (D) 选择____次合适。
- ④ 加工葫芦需要用到刀具有____、____、____。
- ⑤ 粗车主轴转速____, 进给速度____, 切削深度____。
- ⑥ 精车主轴转速____, 进给速度____, 背吃刀深度____。
- ⑦ 完成程序编制后, 利用仿真软件按表 3-25 的加工步骤进行仿真加工。

表 3-25 仿真加工步骤

序 号	仿真操作内容
1	进入仿真界面
2	选择仿真机床和系统
3	系统通电, 开机回零。回零前应先将各坐标轴向其各自的负方向移动 100mm 以上, 然后再回零, 直至面板上零点灯亮 (有的机床不需要回零)
4	确定工件毛坯: 定义毛坯, 放置零件 选择刀具: 在“车刀选择”对话框中根据加工方式选择所需的刀片和刀柄
5	工件坐标系设定及对刀: 利用手动数据输入选择主轴正转及转速, 移动 Z、X 坐标轴, 对刀时, 应先对 Z 轴后对 X 轴, 停车测量, 并将测量数据输入到相应的刀补位置中去。如工件坐标系选择在工件的右端面上, 对刀时, 将 Z 轴坐标直接设为 0; 如工件坐标系选择在工件的其他位置, 需对 Z 轴试切测量后, 将结果输入到相应位置
6	输入程序: 可通过计算机键盘或鼠标手动输入, 也可利用仿真模拟软件的自动传输功能直接传输事先在计算机中编辑好的程序
7	检索、修改程序: 利用仿真模拟软件的编辑功能快速检索、修改程序, 直至符合要求, 力求优化合理
8	单步 (或自动) 加工, 可通过仿真模拟软件的功能调整模拟速度
9	检测: 工件加工完成后, 单击“测量”观察工件的轮廓尺寸, 检查尺寸误差修正程序或刀具补偿值, 以便校验编程和加工的正确性



任务二 项目加工

利用仿真软件调试好的程序，在机床上完成项目的加工，并在表 3-26 内补全注意事项。

表 3-26 项目加工步骤

序 号	加 工 内 容	注 意 事 项
1	开机	
2	把工件装入卡盘	
3	安装刀具。安装刀具是一项十分重要的工作，只有正确地安装刀具才能充分发挥刀具的作用，延长刀具的使用寿命，保证切削正常进行	外圆刀的安装： ① 尽量选择标准刀杆，不用或少用垫刀片 ② 垫刀片应放平整，且不宜伸出过长 ③ 刀具不易伸出过长，避免切削力被“放大”，使切削产生振动
4	输入程序 ① 按“PROD”键再按“DIR”软键，进入程序编辑页面 ② 输入程序号 ③ 依次输入各程序段	① 程序要认真检查以免输入错误 ② 可用图形模拟检验所输入程序的正确性
5		
6	① 试切对刀 ② 输入刀具半径补偿	
7	自动加工（循环加工或单段加工）。一般首件加工应先按单段加工方式进行，当程序走到刀具 T 功能后的 G00 X__Z__时，程序停止，测量刀具的实际坐标是否和 G00 X__Z__的值相同，以检验刀具补偿是否正确	
8	① 测量 ② 修正补偿量及修改程序	
9	结束操作，维护和保养机床	

课题 4 检测评判与总结

教学目标：

- 通过检测评判，让学生全面了解本项目的学习情况。
- 通过总结经验，为后续项目的学习打下基础。

任务一 检测评判

- ① 每位学生根据自己的表现和任务完成情况给自己评定成绩。
- ② 组长根据组员的平时表现和上交项目给该成员评定成绩，并做好记录，项目考核表见表 3-27。
- ③ 挑选两个作品与其他团队相比，团队之间互评并排出名次。



表 3-27 项目考核表

考核项目	考核要求	分值	自评	小组评价	教师评价	得分
理论知识	零件图分析	5				
	制定加工工艺	5				
	工件定位与装夹	5				
	刀具及切削用量	5				
	程序编制	5				
项目成果	程序输入	3				
	刀具装夹及对刀	10				
	图形仿真	2				
	工件加工	5				
	尺寸检验	5				
	设备维护	5				
安全文明生产	正确开关机床	5				
	工具、量具的正确使用及放置	10				
	机床维护	5				
学习态度	出勤情况	5				
	实操前的准备	2				
	车间纪律	8				
	团队协作	10				

任务二 总结

(1) 个人总结

通过本项目的学习,是否掌握了特形面的加工工艺、刀具和切削用量的选择?对非单调性的特形面的编程与加工还存在什么问题?安全文明生产规则是否执行?程序的编制方法、G73指令的使用、工件的检验等知识是否掌握?本项目所提出的教学目标还有哪些没有达到?自己的收获是什么?还存在什么问题?整改措施是什么?针对以上问题,请写出个人总结。

(2) 团队总结

队长从本队队员的学习态度、团队合作情况、学习效果和取得的成绩等方面,就还存在什么问题和整改措施,写一份总结。

(3) 教师总结

教师针对学生学习本项目的情况、是否完成教学目标、存在什么问题、如何整改等进行总结。



练一练

特形面如图 3-28、图 3-29、图 3-30、图 3-31、图 3-32 所示,请根据已给定的基点坐标值编写加工程序,选择合理的刀具及切削用量,完成仿真、实操加工(材料使用铝合金)。

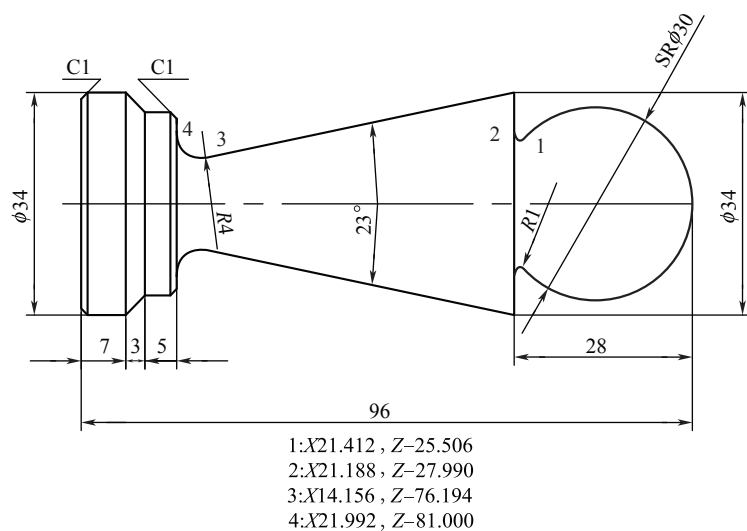


图 3-28 奖杯

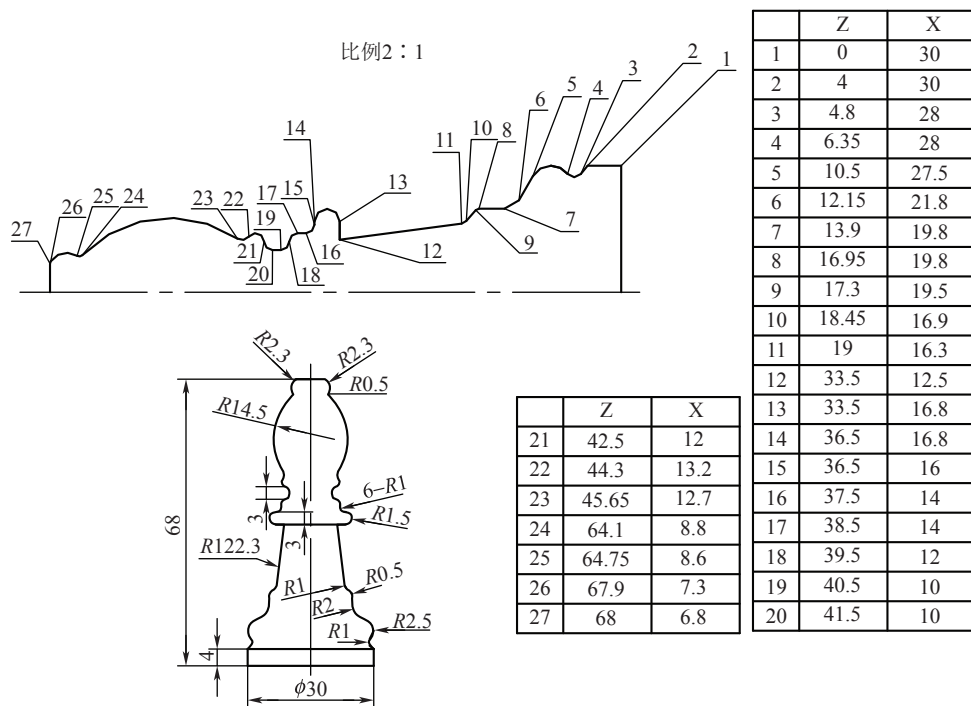
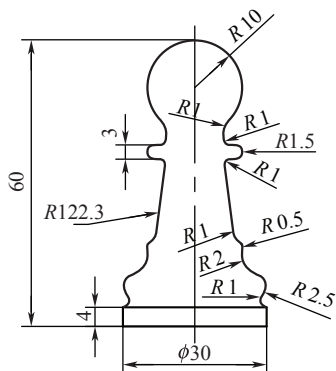
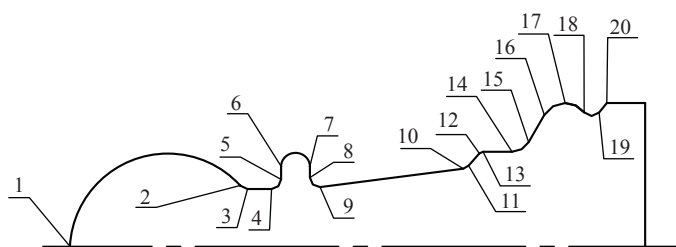


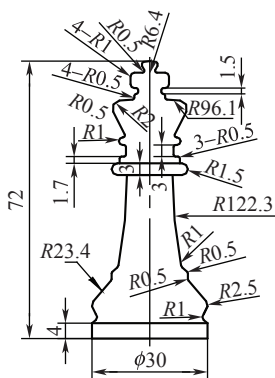
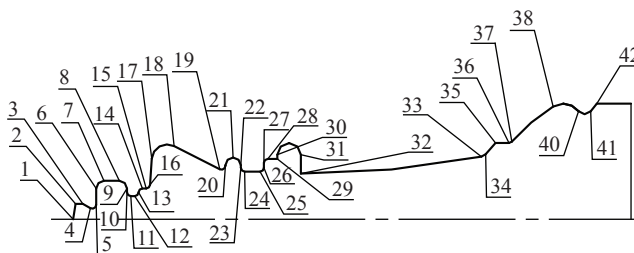
图 3-29 国际象棋 Bishop (象)



	Z	X
1	-0	0
2	-17.7	12.7
3	-18.5	12
4	-21	12
5	-22	14
6	-22	16.8
7	-25	16.8
8	-25	14.4
9	-26.05	12.4
10	-41	16.3
11	-41.55	16.9
12	-42.7	19.5
13	-43.05	19.8
14	-46.1	19.8
15	-47.85	21.8
16	-49.5	27.5
17	-51.65	30
18	-53.65	28
19	-55.2	28
20	-56	30

图 3-30 国际象棋 Pawn (兵)

比例2:1



	Z	X
41	-67.15	28
42	-68	30

	Z	X		Z	X
21	-20.75	16	1	-0	0
22	-21.75	14	2	-0.3	4
23	-21.75	13.4	3	-1.25	4
24	-22.25	12.4	4	-2.25	2.9
25	-24.325	12.4	5	-3	3.7
26	-24.75	13.4	6	-3	8
27	-24.75	14.7	7	-4	10
28	-25.25	15.7	8	-6	10
29	-26.5	15.7	9	-7	8
30	-26.5	16.8	10	-7	7
31	-29.55	16.8	11	-7.5	6
32	-29.55	11.8	12	-8	6
33	-53	16.3	13	-8.5	7
34	-53.55	16.9	14	-9	8
35	-54.8	19.8	15	-9.5	8
36	-56.55	19.8	16	-10	9
37	-56.95	20.1	17	-10.2	15.8
38	-62.3	29.3	18	-13.1	19
40	-65.6	28	19	-19.05	13
			20	-19.75	13.9

图 3-31 国际象棋 King (王)

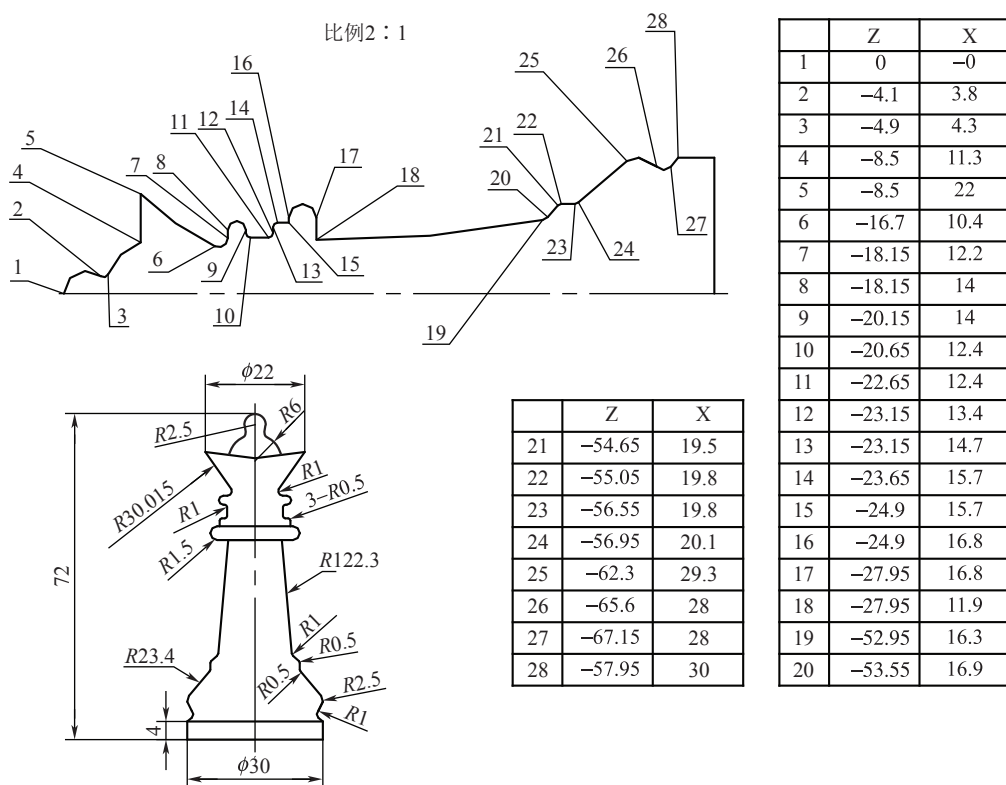


图 3-32 国际象棋 Queen（后）

项目 6 孔的加工

台阶孔轴套如图 3-33 所示，材料为 45#钢，毛坯为项目 5 用料。

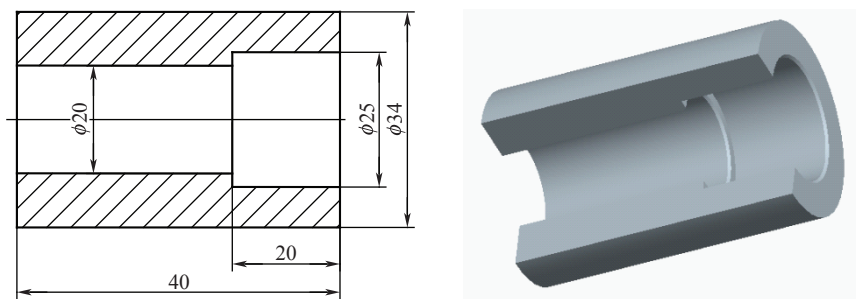


图 3-33 台阶孔轴套

课题 1 台阶孔轴套加工的工艺知识

教学目标：

- 熟悉孔加工的特点及加工使用的刀具。
- 掌握孔加工的对刀方法和切削用量的选择。



任务一 孔加工的基础知识

1. 孔加工的特点

孔加工多用于轴承套、衬套、带轮、轴承端盖等轴套类零件，此类零件的结构一般由孔、外圆、端面、沟槽和内形面等组成，内孔一般作为配合和装配基准。在对孔进行加工时，应注意孔的尺寸精度、表面粗糙度、形状和位置精度等要求，以确保孔的形状精度控制在孔径公差以内，确保内孔面的圆柱度、端面对内孔轴线的圆跳动和垂直度，以及两端面的平行度等符合要求。

2. 孔加工的一般方法

在车床上可用许多方法对有孔的零件进行加工，常用的方法有钻孔、扩孔、铰孔、车孔等。

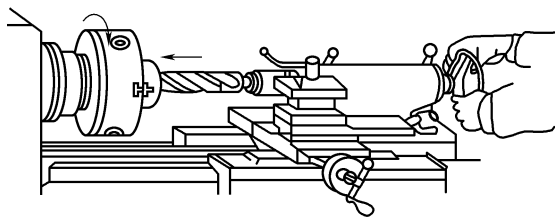


图 3-34 在车床上钻孔

在车床上钻孔，多用于粗加工孔。在车床上钻孔如图 3-34 所示，工件装夹在卡盘上，钻头安装在尾架套筒锥孔内。钻孔前先车平端面并车出一个中心坑，或者先用中心钻钻中心孔作为引导。钻孔时，摇动尾架手轮使钻头缓慢进给，注意经常退出钻头排屑。钻孔进给不能过猛，以免折断钻头。钻钢料时应加切削液，防止因钻头发热而退火。

任务二 车削台阶孔轴套的刀具选择

根据不同的加工情况，常用的内孔车刀可分为通孔刀和盲孔刀两种，具体见表 3-28。

表 3-28 常用的内孔车刀

名称	通 孔 刀	盲 孔 刀
图例		



续表

名称	通 孔 刀	盲 孔 刀
特征	1. 用于通孔的加工 2. 主偏角一般在 $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 之间, 副偏角一般在 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 之间	1. 用于盲孔或台阶孔的加工 2. 主偏角要求大于 90° , 一般在 $92^{\circ} \sim 95^{\circ}$ 之间, 副偏角一般在 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 之间 3. 需要加工孔底平面时, 刀具的刀尖到刀杆的外端的距离应小于孔的半径, 否则无法车平孔底平面

(1) 内孔车刀的安装

- ① 刀尖要对准或略高于工件的中心。
- ② 刀杆要与内孔轴线平行, 刀杆伸出长度要尽量短, 一般比被加工孔长 $5 \sim 6\text{mm}$ 即可。
- ③ 加工孔底平面时, 要求在径向有必要的退刀位置。

(2) 车孔的技术问题

车削内孔与车削外圆相比, 不利的因素较多, 这是因为车削内孔的刀具, 受到被加工零件内孔直径和长度的限制, 使刀具的强度与刚性相对减弱; 在加工内孔过程中, 冷却液不易注入, 刀具热量不易散发; 在车削过程中, 排屑比较困难, 切屑常会划伤已加工表面, 影响零件的表面粗糙度。所以车内孔的关键是解决内孔车刀的钢性和排屑问题。

(3) 车孔的基本方法

- ① 加工直径较小的台阶孔时, 可按先粗、精车小孔, 再粗、精车大孔的方法进行。
- ② 加工直径较大的台阶孔时, 可先粗车小孔和大孔, 再精车小孔和大孔。
- ③ 加工孔径大小悬殊的台阶或型面时, 可先用主偏角 $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 的内孔刀进行粗加工, 再用内孔刀精车至尺寸。

任务三 切削用量的选择

内孔加工时, 切削用量及选用原则与加工外轮廓、端面时相同, 但由于加工孔时, 排屑困难, 散热条件差, 刀杆刚性低, 容易振动, 所以加工内孔的切削用量应取小些, 按加工外轮廓时取值的 60% 左右来计算。

课题2 台阶孔轴套加工的程序编制

教学目标:

- 熟悉 G90、G71 指令的指令格式。
- 熟练运用 G90、G71 指令对孔的加工进行编程。

任务一 内圆单一循环指令 G90

1. 指令格式

直线切削循环: G90 X (U) ____ Z (W) ____ F ____;

锥体切削循环: G90 X (U) ____ Z (W) ____ R ____ F ____;

说明:

- ① X、Z 是内孔编程终点的绝对坐标, X 为直径值。
- ② U、W 是内孔编程终点的增量坐标, U 为直径值。



③ R 是起始点与终点 X 轴向的半径差值。

2. 程序编制

如图 3-33 所示, 工件内孔已经用 $\phi 18\text{mm}$ 的钻头钻通孔, 选取工件右端面的中心点为工件坐标系原点, 用 G90 指令编制该孔的加工程序, 见表 3-29。

表 3-29 台阶孔轴套数控加工参考程序

程序号: 00006		980T 系统
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S600	主轴正转, 转速 600rpm
N20	T0202	换 2 号刀 (内孔刀)
N30	G00 X17.5 Z2 G99	到循环起点位置
N40	G90 X19.6 Z-41 F0.15	粗加工 $\phi 20$ 内孔
N50	G90 X23.6 Z-14.8	粗加工 $\phi 25$ 内孔, 背吃刀量 2mm
N60	G90 X24.6 Z-14.8	粗加工 $\phi 25$ 内孔, 留加工余量
N70	G00 X25 Z2	快速定位到 $\phi 25$ 内孔
N80	M03 S800	精加工转速 800rpm
N90	G01 X25 Z-15 F0.06	精加工 $\phi 25$ 内孔至尺寸
N100	G01 X20	刀尖退至 $\phi 20$ 内孔
N110	G01 Z-41	精加工 $\phi 20$ 内孔至尺寸
N120	G00 X18	X 方向退刀
N130	G00 Z150	Z 方向退刀
N140	G00 X100	快速定位到程序起点
N150	T0200	清除刀偏
N160	M05	主轴停止
N170	M30	程序结束

任务二 内圆复合循环指令 G71

1. 指令格式

G71 U (Δd) R (e)

G71 P (ns) Q (nf) U (Δu) W (Δw) F __

说明:

- ① Δd 是切深。
- ② e 是退刀量。
- ③ ns 是精加工轮廓程序段中开始程序段的段号。
- ④ nf 是精加工轮廓程序段中结束程序段的段号。
- ⑤ Δu 是 X 轴方向精加工余量, 直径值, 一般取 0.5mm。加工内轮廓时, 为负值。
- ⑥ Δw 是 Z 轴方向精加工余量, 一般取 0.02 ~ 0.1mm。

2. 程序编制

如图 3-33 所示, 工件内孔已经用 $\phi 18\text{mm}$ 的钻头钻通孔, 选取工件右端面的中心点为工件坐标系原点, 用 G71 指令编制该孔的加工程序, 见表 3-30 和表 3-31。



表 3-30 台阶孔轴套数控加工参考程序 (980T 系统)

程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S600	主轴正转, 转速 600rpm
N20	T0202	换 2 号刀
N30	G00 X17.5 Z2 G99	到循环起点位置
N40	G71 U1 R0.5	G71 循环粗加工内孔
N50	G71 P60 Q100 U-0.3 W0.2 F0.15	留精加工余量 0.3mm, 符号为负
N60	G00 X25	
N70	G01 Z-15 F0.06	
N80	G01 X20	
N90	G01 Z-40	
N100	G01 X17.5	
N110	M05	主轴停止
N120	M00	程序暂停
N130	M03 S800	精加工转速 800rpm
N140	G70 P60 Q100 F0.06	精加工内孔
N150	G00 Z100	Z 方向退刀
N160	G00 X100	快速定位到程序起点
N170	M05	主轴停止
N180	T0200	清除刀偏
N190	M30	程序结束

表 3-31 台阶孔轴套数控加工参考程序 (HNC—21T 系统)

程序号: 00006		华中系统
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S600	主轴正转, 转速 600rpm
N20	T0202	换 2 号刀 (内孔刀)
N30	G00 X17.5 Z2 G95	到循环起点位置
N40	G71 U1 R0.5 P80 Q120 U-0.3 W0.2 F0.15	G71 循环粗加工
N50	G00 X100 Z100	粗加工后, 到换刀点位置
N60	M03 S1000	精加工转速 1000rpm
N70	G00 X17.5 Z2	到精加工起始点
N80	G01 X25 F0.06	精加工轮廓开始
N90	G01 Z-15	
N100	G01 X20	
N110	G01 Z-40	
N120	G01 X17.5	
N130	M05	退出已加工表面, 精加工轮廓结束
N140	G00 Z100	主轴停止
N150	G00 X100	Z 方向退刀
N160	M05	快速定位到程序起点
N170	T0200	主轴停止
N180	M30	清除刀偏
		程序结束



想一想

- ① 利用 G71 指令对外圆和内孔进行编程有什么不同?
- ② 980T 系统和 HNC—21T 系统对同一零件的编程有什么不同?



练一练

分析零件图 3-35、图 3-36，用 G71 指令分别采用 980T 系统和 HNC—21T 系统对内孔加工进行编程，材料为 45#钢。

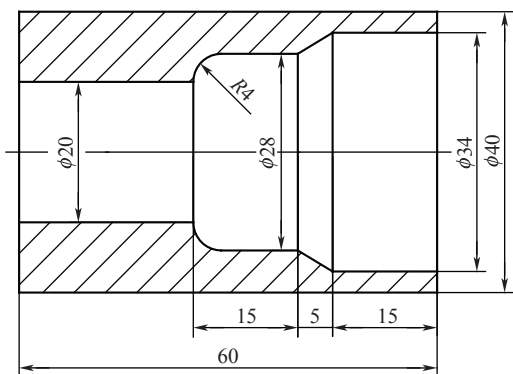


图 3-35 台阶孔轴套

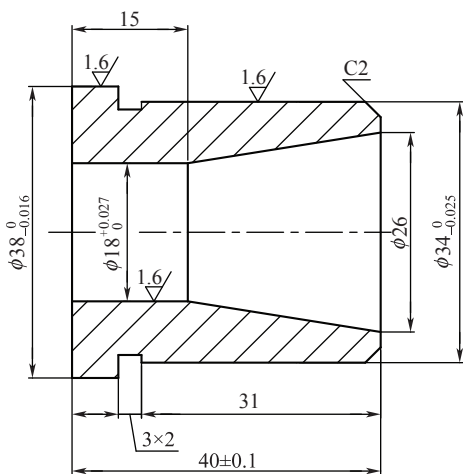


图 3-36 锥孔圆柱轴套

课题3 项目加工

教学目标:

- 熟练掌握内孔的仿真加工。
- 熟练掌握内孔的实操加工。
- 熟练掌握内孔车刀的安装。

任务一 仿真加工

关于孔的加工，首先分析本项目的加工工艺，并完成程序编制，然后利用模拟仿真软件调试程序。



想一想

- ① 从图 3-33 分析可知，该零件分 7 个工步完成：车右端面、钻孔、_____、粗车內孔、_____、_____、切断。
- ② G71 指令是_____指令，其格式中的 P 是指_____，Q 是指_____，F 是指_____。
- ③ 完成表 3-32 所示的仿真加工步骤。



表 3-32 仿真加工步骤

序 号	仿真操作内容
1	进入仿真界面
2	
3	打开机床
4	输入程序
5	
6	
7	对刀
8	
9	自动加工, 检测并针对尺寸误差修正程序或刀具补偿值
10	

任务二 实操加工

利用仿真软件调试好的程序, 在机床上完成项目的加工, 并在表 3-33 内补全加工步骤及注意事项。

表 3-33 项目加工步骤

序 号	加 工 内 容	注 意 事 项
1	开 机	机床回零
2	输入程序	换刀点的确定要考虑车刀刀杆的方向和长度, 以免换刀时刀具与工件、尾架 (可能有钻头) 发生干涉
3		
4	钻 孔	
5	装刀具	① 刀尖要对准或略高于工件的中心 ② 刀杆要与内孔轴线平行, 刀杆伸出长度要尽量短, 一般比被加工孔长 5 ~ 6mm 即可
6		用试切法对刀
7		
8	自动加工	
9	检测	测量内孔各尺寸及同轴度



想一想

- ① 内孔加工时常见的误差有哪些? 主要原因是什么?
- ② 如何保证内孔加工的尺寸精度?



课题4 检测评判与总结

教学目标:

- 通过检测评判, 让学生全面了解本项目的学习情况。
- 通过总结经验教训, 提出整改措施, 为以后的学习打下基础。

任务一 检测评判

- ① 每位学生根据自己的表现和任务完成情况给自己评定成绩。
- ② 组长根据组员的平时表现和上交项目给该成员评定成绩, 并做好记录, 项目专核表见表 3-34。
- ③ 挑选两个作品与其他团队相比, 团队之间互评并排出名次。

表 3-34 项目考核表

考核项目	考核要求	分值	自评	小组评价	教师评价	得分
理论知识	零件图分析	5				
	制定加工工艺	5				
	工艺定位与装夹	5				
	刀具及切削用量	5				
	程序编制	5				
项目成果	程序输入	3				
	刀具装夹与对刀	10				
	图形仿真	2				
	工件加工	5				
	尺寸检验	5				
	设备维护	5				
安全文明生产	正确开关机床	5				
	刀具、量具的正确使用与放置	10				
	机床维护	5				
学习态度	出勤情况	5				
	实操前的准备	2				
	车间纪律	8				
	团队协作	10				

任务二 总结

(1) 个人总结

通过本项目的学习, 是否掌握了一般内孔加工的加工工艺、切削用量的选择, 以及内孔



的编程、加工与检验？本项目所提出的教学目标还有哪些没有达到？自己的收获是什么？还存在什么问题（从自身和外界两个方面去分析）？整改措施是什么？针对以上问题写出不少于 300 字的个人总结。

（2）团队总结

队长从本队队员的学习态度、团结合作情况、学习效果及取得的成绩等方面，就还存在什么问题和整改措施，写一份总结。

（3）教师总结

教师针对学生关于本项目的学习情况、是否完成教学目标、存在哪些问题、如何整改等进行总结。



想一想

- ① 内孔加工时，最常用的内孔加工指令是什么？
- ② 内孔加工时，内孔刀的安装须注意什么？
- ③ 内孔加工时如何保证其尺寸精度、同轴度和表面粗糙度？

第 4 章

数控车削综合实训

【本章导读】

本章以 GSK980T 系统、华中数控系统为据数控车床中主，介绍了数控车削综合实训教学中的各个环节。本章分为项目实例、项目考核、项目练习三部分。根级操作工的要求，本章训练内容全面、实例典型、循序渐进、深入浅出、注重基本技能的训练。在内容组织和编排上力求图文并茂，侧重介绍了数控车削加工工艺、编程技术、数控车床的操作等应会知识。

【学习目标】

- 运用常见编程指令，熟练编写中等难度零件的加工程序。
- 掌握数控车削加工工艺的主要内容及应用。
- 能熟练操作数控车床进行中等难度零件的加工。

【教学目标】

- 知识目标：以实操为主，以理论为辅，以具备做好本工种所需的相关知识为宜。
- 能力目标：通过数控车削综合实训，提高学生综合运用能力及独立工作能力。

【教学重点】

熟悉数控车削加工工艺流程及制定方法。

【教学难点】

零件的程序编制与加工。

【教学方法】

读书指导法、项目教学法。

4.1 项目实例

综合实训项目 1 螺纹圆锥轴加工

一、实训目的

- ① 学会制定零件加工工艺。
- ② 利用数控车削指令 G71、G70、G76 编程。
- ③ 程序调试与零件的试切。
- ④ 零件精度检测。
- ⑤ 车床的日常维护与一般故障的检测与排除。



二、实训内容及要求

分析、编制如图 4-1 所示带槽螺纹圆锥轴的数控加工工艺和加工程序，要求在数控车床上完成零件加工，时间定额 2h。

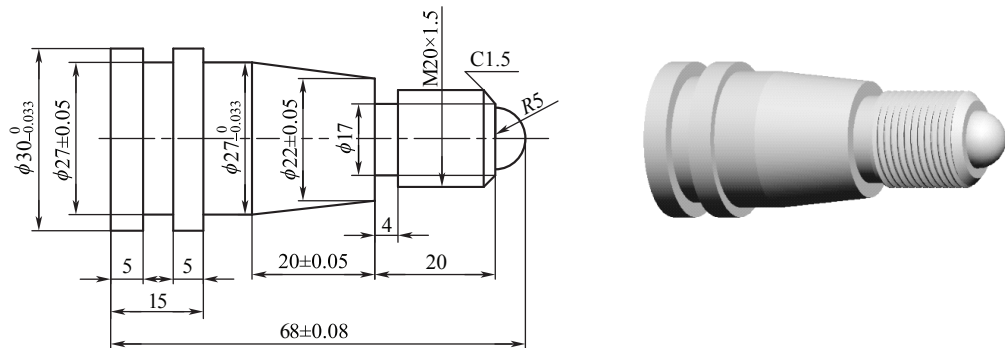


图 4-1 带槽螺纹圆锥轴

三、零件加工工艺分析

1. 工艺性分析

在数控车床上加工轴类零件的方法，与普通车床上的加工方法大体一致，都遵循“先粗后精”、“由大到小”等基本原则。“先粗后精”就是先对工件整体进行粗加工，然后进行半精车、精车。如果在半精车与精车之间不安排热处理工序，则半精车和精车就可以在一次装夹中完成。“由大到小”就是车削时，先从工件的最大直径处开始车削，然后依次向小直径处加工。在数控车床上精车轴类工件时，往往从工件的最右端开始连续不间断地完成整个工件的切削。

(1) 技术要求分析

如图 4-1 所示，零件包括复杂的外形面，需要进行切两个外沟槽、外圆锥面、外螺纹和切断等加工。其中两个外圆 $\phi 30\text{mm}$ 和 $\phi 27\text{mm}$ 有严格的尺寸精度和表面粗糙度要求。零件材料无热处理和硬度要求。

(2) 定位基准、加工起点和换刀点

加工起点和换刀点可以设为同一点，放在 X 向距轴心线 100mm、 Z 向距工件前端面 100mm 的位置。

2. 数值处理

由图 4-1 可知，编程所需要的基点坐标均已给出，不需要计算。

3. 毛坯选择

材料：45#圆钢

尺寸： $\phi 40\text{mm} \times 90\text{mm}$

4. 零件装夹

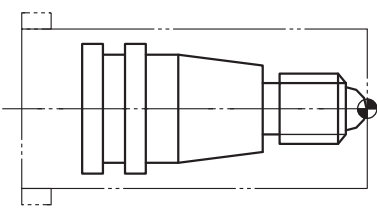
用三爪自定心卡盘夹紧定位，夹持长度 15 ~ 30mm，详见表 4-1。

5. 确定工件零点

工件零点设定在工件右端面中心处，详见表 4-1。



表 4-1 带槽螺纹圆锥轴数控车床加工工艺简图卡

装夹顺序号	工艺简图	工步序号及内容
I		1. 平端面（手动）
		2. 粗车各外圆面，留余量 0.8mm
		3. 精车各外圆面至要求
		4. 切槽至要求
		5. 粗、精车外螺纹至要求
		6. 切断，取总长

四、工艺文件

1. 带槽螺纹圆锥轴数控车床加工工序卡（见表 4-2）

表 4-2 带槽螺纹圆锥轴数控车床加工工序卡

单位 名称	某职业学校 实习工厂	产品名称		零件名称		零件图号		
		带槽螺纹圆锥轴		项目 1		SKCL01		
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备		数控系统	车间		
001	O0001	三爪自定心卡盘	CK6140		980T/华中	数控车间		
工步号	工步内容		刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (rpm)	进给量 (mm/r)	背吃刀量 (mm)	备注
1	平端面		T01	20×20	600	0.1	0.5	手动
2	粗车各外圆面，留余量 0.5mm		T01	20×20	600	0.2	2	O0001
3	精车各外圆面至要求		T02	20×20	1200	0.06	0.25	O0001
4	切槽至要求		T03	20×20	400	0.06	3	O0001
5	粗、精车外螺纹至要求		T04	20×20	600	螺距	0.1~0.5	O0001
6	切断，控制总长		T03	20×20	300	0.06	3	O0001
编制			审核					

2. 带槽螺纹圆锥轴数控加工刀具卡（见表 4-3）

表 4-3 带槽螺纹圆锥轴数控加工刀具卡

产品名称		带槽螺纹圆锥轴	零件名称		项目 1	零件图号	SKCL01
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 (mm)	刀尖方位	备注
1	T01	90°硬质合金左偏刀	1	粗车外轮廓	0. 8		
2	T02	90°硬质合金左偏刀	1	精车外轮廓	0. 4		
3	T03	硬质合金切槽车刀	1	车外槽	0. 1		
4	T04	60°硬质合金螺纹车刀	1	车外螺纹	0. 1		
编制		审核		批准			



五、程序编制（见表 4-4 和表 4-5）

表 4-4 项目 1 参考程序（980T 系统）

程序名: O0001	程序说明
N10 M03 S500 N20 T0101 N30 G00 X100 Z100 G99 N40 G00 X40 Z2 N50 G71 U2 R1 N60 G71 P70 Q180 U0.5 W0.02 F0.2 N70 G00 X0 N80 G01 Z0 F0.06 N90 G03 X10 Z-5 R5 N100 G01 X16.8 N110 X19.8 Z-6.5 N120 G01 X19.8 Z-25 N130 G01 X22 N140 G01 X27 Z-45 N150 G01 Z-53 N160 G01 X29 N170 G01 X30 W-0.5 N180 G01 Z-72 N190 G00 X100 Z100 N200 T0100 M05 N210 M03 S1200 N220 T0202 N230 G00 X34 Z2 N240 G70 P70 Q180 N250 G00 X100 Z100 N260 T0200 M05 N270 M03 S300 N275 T0303 N280 G00 X22 Z-25 N290 G01 X17 F0.1 N300 G00 X32 N310 G00 Z-62 N320 G75 R1 N330 G75 X27 Z-63 P1000 Q3800 F0.1 N340 G00 X100 N350 G00 Z100 N360 T0300 M05 N370 M03 S300 N380 T0404 N390 G00 X22 Z-2 N400 G76 P020060 Q100 R0.05 N410 G76 X18.05 Z-22 P975 Q300 F1.5 N420 G00 X100 Z100 N430 T0400 M05 N440 M03 S300 N450 T0303 N460 G00 X34 Z-71 N470 G01 X29 F0.1 N480 X30 N490 G01 X30 W0.5 N500 X29 W-0.5 N510 G75 R1 N520 G75 X1 Z-71 P1000 Q4000 F0.1 N530 G00 X100 Z100 N540 T0100 M05 N550 M30	<p>主轴正转，转速为 500rpm 选择 1 号外圆刀 快速定起刀点 快速定位至 $\phi 40$，距端面正向处 2mm 复合循环粗加工外圆，X 正方向留精加工余量 0.5mm，Z 正方向留精加工余量 0.1mm</p> <p>N70 ~ N180 为精车程序段</p> <p>返回起刀点 取消刀补，主轴暂停 主轴转速 1200rpm 换 2 号精车刀 快速定位 精车外圆</p> <p>取消刀补，主轴暂停 转速 300rpm 换 3 号切槽刀，刀宽 4mm 快速定位 切槽</p> <p>快速定位，切第二个槽 采用径向切削循环切槽</p> <p>返回 X 轴换刀点 返回 Z 轴换刀点 取消刀补，主轴暂停 换 4 号粗、精车螺纹刀，转速 300rpm</p> <p>快速定位 粗、精车螺纹</p> <p>返回换刀点 取消刀补，主轴暂停 转速 300rpm 换 3 号切断刀 快速定位 切槽</p> <p>倒角</p> <p>采用切槽切削循环切断 返回换刀点 取消刀补，主轴暂停 程序结束，检测工件</p>



表 4-5 项目 1 参考程序 (华中系统)

程序名: O0001	程序说明
%0001 N10 M03 S500 N20 T0101 N30 G00 X100 Z100 G95 N40 G00 X40 Z2 N50 G71 U2 R1 P120 Q230 X0.5 Z0.02 F0.2 N60 G00 X100 Z100 N70 M05 N80 M00 N90 M03 S1200 N100 T0202 N110 G00 X40 Z2 G95 N120 G00 X0 N130 G01 Z0 F0.06 N140 G03 X10 Z-5 R5 N150 G01 X15.8 N160 X19.8 Z-6.5 N170 G01 Z-25 N180 G01 X20 N190 G01 X25 Z-45 N200 G01 W-5 N210 G01 X29 N220 G01 X30 W-0.5 N230 G01 Z-72 N240 G00 X100 Z100 N250 T0100 M05 N260 M03 S300 N270 T0303 N280 G00 X22 Z-25 G95 N290 G01 X17 F0.1 N300 G00 X32 N310 G00 Z-62 N320 G01 X27 F0.1 N330 W1 N340 X27 N350 G00 X100 N360 G00 Z100 N370 T0300 M05 N380 M00 N390 M03 S300 N400 T0404 N410 G00 X22 Z-3 N420 G76 C02 A60 X18.05 Z-22 K0.975 U0.1 V0.1 Q0.3 F1.5 N430 G00 X100 Z100 N440 T0400 M05 N450 M03 S300 N460 T0303 N470 G00 X34 Z-71 G95 N480 G01 X29 F0.1 N490 X30 N500 G01 X30 W0.5 N510 X29 W-0.5 N520 X1 N530 G00 X100 N540 Z100 N550 T0100 M05 N560 M30	主轴正转, 转速为 500rpm 选择 1 号外圆刀 快速定起刀点 快速定位至 $\phi 40$, 距端面正向处 2mm 复合循环粗加工外圆, X 正方向留精加工余量 0.5mm, Z 正方向留精加工余量 0.1mm 换 2 号精车外圆刀, 转速 1200rpm 快速定位 N120 ~ N230 为精车轨迹程序段 返回换刀点 取消刀补, 主轴暂停 转速 300rpm 换 3 号切槽刀, 刀宽 4mm 快速定位 切第一个槽 快速定位 切第二个槽 返回换刀点 取消刀补, 主轴暂停 程序暂停, 检测工件 转速 300rpm 调 4 号刀 快速定位 粗、精车螺纹 返回换刀点 取消刀补, 主轴暂停 主轴转速 300rpm 调 3 号刀 快速定位 切槽 倒角 切断 返回换刀点 取消刀补, 主轴暂停 程序结束, 检测工件



六、操作实训

- ① 输入程序。
- ② 用数控系统图形模拟加工，进行程序校验及修整。
- ③ 安装刀具并对刀，输入工件零点和刀具补偿量等参数。
- ④ 自动运行加工。
- ⑤ 停车后，按图纸要求检测工件，对工件进行误差与质量分析。
- ⑥ 保养机床。

七、注意事项

- ① 数控车床空载运行时，注意检查机床各部件运行状况。
- ② 装刀时，刀尖与工件轴线必须等高。
- ③ 对刀操作时，要注意切槽刀刀位点，本程序采用左刀尖作为编程刀位点。
- ④ 设定循环起点时要注意循环中快进到位时不能撞刀。
- ⑤ 特别注意在螺纹车削加工过程中不要随意设定、调整转速。



想一想

- ① 在加工过程中，如何保证工件的加工精度？
- ② 加工球面时，如何保证轮廓精度（从刀具和程序编制两方面考虑）？

综合实训项目2 球头螺纹轴

一、实训目的

- ① 了解轴类零件加工常用的刀具，并能正确选用。
- ② 能采用一定的加工技巧来保证加工精度。
- ③ 能够运用固定循环进行零件的加工程序编制。
- ④ 进一步巩固、提高轴类零件工艺分析、程序编制的能力。

二、实训内容及要求

分析、编制如图 4-2 所示球头螺纹轴的数控加工工艺和加工程序，要求在数控车床上完成零件加工，时间定额 2h。

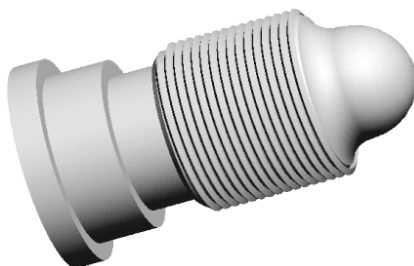
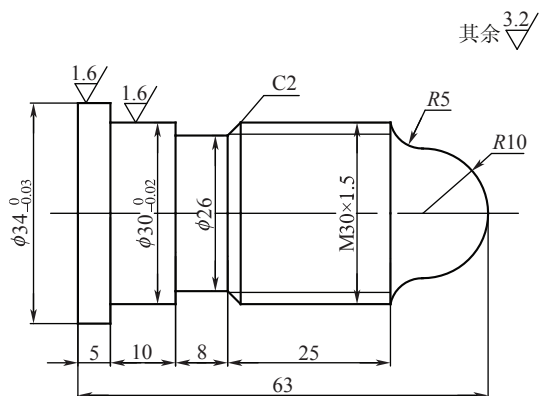
三、零件加工工艺分析

1. 工艺性分析

如图 4-2 所示，工件的加工形面较综合，有柱面、锥面、螺纹面、外槽、圆弧面等。可一次装夹完成工件的加工。

2. 数值处理

由图 4-1 可知，编程所需要的基点坐标均已给出，不需要计算。



技术要求:

1. 不能使用砂布或锉刀修整表面。
2. 未注倒角C0.5。

图 4-2 球头螺纹轴

3. 毛坯选择

材料: 45#圆钢

尺寸: $\phi 35\text{mm} \times 85\text{mm}$

4. 零件装夹

采用三爪卡盘装夹, 工件伸出长度不得超程和影响工件的加工。调头装夹时, 应垫铜皮, 以防夹伤已加工表面, 详见表 4-6。

5. 工件零点选择

工件零点设定在工件右端面中心处, 详见表 4-6。

表 4-6 球头螺纹轴数控车床加工工艺简图卡

装夹顺序号	工艺简图	工步序号及内容
I		1. 平端面
		2. 粗车各外圆面, 留余量 0.5mm
		3. 精车各外圆面至要求
		4. 切槽至要求
		5. 粗、精车外螺纹至要求
		6. 切断, 控制总长



四、工艺文件

1. 球头螺纹轴数控车床加工工序卡（见表 4-7）

表 4-7 球头螺纹轴数控车床加工工序卡

单位名称	某职业学校 实习工厂	产品名称		零件名称		零件图号	
		球头螺纹轴		项目 2		SKCL02	
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备	数控系统	车间		
001	O0003	三爪自定心卡盘	CK6140	980T/华中	数控车间		
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (rpm)	进给量 (mm/r)	背吃刀量 (mm)	备注
1	平端面	T01	20 × 20	600	0.1	0.5	手动
2	粗车各外圆面，留余量 0.5mm	T01	20 × 20	600	0.25	2	O0003
3	精车各外圆面至要求	T02	20 × 20	1000	0.06	0.25	O0003
4	切槽至要求	T03	20 × 20	400	0.08	3	O0003
5	粗、精车外螺纹至要求	T04	20 × 20	400	螺距	0.1 ~ 0.5	O0003
6	切断，控制总长	T03	20 × 20	300	0.08	3	O0003
编制		审核					

2. 球头螺纹轴数控加工刀具卡（见表 4-8）

表 4-8 球头螺纹轴数控加工刀具卡

产品名称		球头螺纹轴	零件名称		项目 2	零件图号	SKCL02
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 (mm)	刀尖方位	备注
1	T01	90°硬质合金左偏刀	1	粗车外轮廓	0.8		
2	T02	90°硬质合金左偏刀	1	精车外轮廓	0.4		
3	T03	硬质合金切槽车刀	1	车外槽	0.1		
4	T04	60°硬质合金螺纹车刀	1	车外螺纹	0.1		
编制		审核		批准			



五、程序编制（见表 4-9 及表 4-10）

表 4-9 项目 2 参考程序（980T 系统）

程序名：O0003	程序说明
N10 M03 S500 T0101	调 1 号刀，正转 500rpm
N20 G00 X100 Z100	快速定位至起刀点
N30 M08	切削液开
N40 G00 X36 Z1 G99	快速接近工件毛坯
N50 G71 U2 R1	粗车各外圆面
N60 G71 P70 Q180 U0.8 W0.1 F0.25	
N70 G00 X0	N70 ~ N180 为精车轨迹程序段
N80 G01 Z0 F0.06	
N90 G03 X20 Z-10 R10	
N100 G02 X30 W-5 R5	
N110 G01 W3	
N120 G01 X29.8	
N130 X29.8 Z-48	
N140 X30 Z-48.1	
N150 Z-58	
N160 X33	
N170 X34 W-0.5	
N180 Z-70	
N190 G00 X100 Z100	返回换刀点
N200 M05	
N210 M00	
N220 M03 S1000 T0202	调 2 号精车刀，转速 1000rpm
N230 G00 X36 Z1	
N240 G70 P70 Q180	精车各外圆
N250 G00 X100 Z100	返回换刀点
N260 M05	
N270 M00	
N280 M03 S400 T0303	调 3 号切槽刀
N290 G00 X32 Z-48	
N300 G75 R1	
N310 G75 X26 W5 P600 Q2500 F0.08	切槽（刀宽 3mm）
N320 G01 X30 Z-41 F0.08	
N330 G01 X26 W-2	倒角 C2
N340 X33	
N350 G00 X100 Z100	返回换刀点
N360 M05	
N370 M00	
N380 M03 S600 T0404	调 4 号螺纹刀
N390 G00 X32 Z-8	
N400 G76 P020060 Q100 R0.08	粗、精车螺纹
N410 G76 X28.05 Z-42 P975 Q350 F1.5	
N420 G00 X100 Z100	返回程序起点
N430 M03 S300	
N440 T0303	
N450 G00 X36 Z-66 G95	
N460 G01 X33 F0.08	
N470 X34	
N480 W0.5	
N490 X33 Z-66	
N500 X1	N450 ~ N500 为倒钝、切断程序段
N510 G00 X100	
N520 Z100	
N530 M09	切削液关
N540 M05	主轴停
N550 M30	程序结束



表 4-10 项目 2 参考程序（华中系统）

程序号: O0003	程序说明
%0003 N10 M03 S500 N20 T0101 N30 M08 N40 G00 X36 Z1 G95 N50 G71 U2 R1 P120 Q230 X0.8 Z0.1 F0.25 N60 G00 X100 Z100 N70 M05 N80 M00 N90 M03 S1000 N100 T0202 N110 G00 X36 Z1 G95 N120 G00 X0 N130 G01 Z0 F0.06 N140 G03 X20 Z-10 R10 N150 G02 X30 W-5 R5 N160 G01 W3 N170 G01 X29.8 N180 X29.8 Z-48 N190 X30 Z-48.1 N200 Z-58 N210 X33 N220 X34 W-0.5 N230 Z-70 N240 G00 X100 Z100 N250 M05 N260 M00 N270 M03 S300 N280 T0303 N290 G00 X32 Z-48 G95 N300 G01 X26 F0.08 N310 X31 N320 W2.5 N330 X26 N340 X31 N350 W2.5 N360 X26 N370 X33 N380 X30 Z-41 N390 X26 W-2 N400 X31 N410 G00 X100 Z100 N420 M05 N430 M00 N440 M03 S400 N450 T0404 N460 G00 X32 Z-8 N470 G76 C2 R0 E0 A60 X28.05 Z-42 I0 K1.3 U0.05 V0.1 Q0.4 P0 F1.5 N480 G00 X100 Z100 N490 M05 N500 M00 N510 M03 S300 N520 T0303 N530 G00 X36 Z-66 G95 N540 G01 X33 F0.08 N550 X34 N560 W0.5 N570 X33 Z-66 N580 X1 N590 G00 X100 N600 Z100 N610 M05 N620 M30	正转 500rpm 调 1 号刀 切削液开 快速接近工件毛坯 粗车各外圆面 返回换刀点 停主轴 暂停 转速 1000rpm 调 2 号精车刀 到精加工路线起点 N120 ~ N230 为精加工路线 返回换刀点 停主轴 暂停 调 3 号切槽刀，切槽（刀宽 3mm） 倒角 C2 返回起刀点 停主轴 暂停 调 4 号螺纹刀 粗、精车螺纹 倒钝 切断 返回程序起点 主轴停 程序结束



六、操作实训

- ① 录入程序并校验。
- ② 对刀，按要求输入工件零点和刀具补偿量等参数。
- ③ 单步加工，试切削，测量并修改有关参数。
- ④ 自动运行加工。
- ⑤ 控制精度。先单段运行程序，正常加工后再转换到连续加工状态。采用刀具补偿进行精度控制。
- ⑥ 检验。
- ⑦ 养机床。

七、注意事项

- ① 装刀时，要使刀尖与工件轴线等高。
- ② 切断工件时，刀尖不需要到达 X0 处，取 X1 左右即可，以免刀尖到达终点时受挤压而崩刃。



想一想

- ① 在加工过程中，外圆粗车刀刀尖崩刃而不能正常使用时，现重磨或更换新刀后，该刀应如何对刀才不影响其他刀的使用？
- ② 在加工过程中，如何控制工件的精度？

综合实训项目3 球头圆锥轴

一、实训目的

- ① 掌握调头加工的方法与步骤，培养综合应用能力。
- ② 能够刃磨常用车削刀具。
- ③ 能够根据数控加工工艺文件选择、安装和调整数控车床常用刀具。
- ④ 培养安全意识，做到文明生产。

二、实训内容及要求

分析、编制如图 4-3 所示球头圆锥轴的数控加工工艺和加工程序，要求在数控车床上完成零件加工，时间定额 2h。

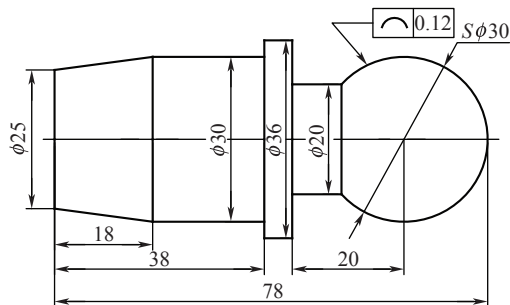
三、零件加工工艺分析

1. 工艺性分析

如图 4-3 所示，工件的加工形面不多，只有柱面、锥面及球面，但需要调头装夹，方可完成工件的加工。加工时，要考虑工件的变形及调头后工件的找正等问题。



3.2



技术要求:

1. 不能使用砂布或锉刀修整表面。
2. 未注倒角 C0.5。

图 4-3 球头圆锥轴

2. 数值处理

由图 4-3 可知, 需要计算 $S\phi 30$ 球头 Z 轴方向的坐标值。计算过程如下。

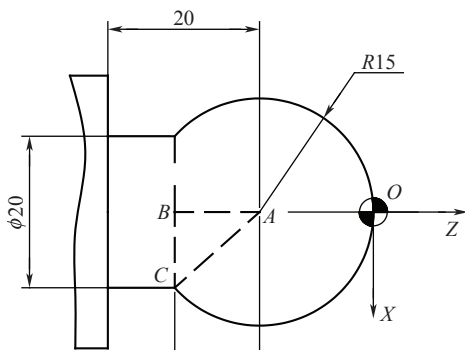


图 4-4 球头圆锥轴坐标题计算图

如图 4-4 所示, 作辅助线连接成直角三角形 ABC , 已知 AC 边的长度 $L_1 = 15$, BC 边的长度 $L_2 = 10$ (半径值), AB 边的长度 L_3 需要求解。

根据勾股定理 $L_1^2 = L_2^2 + L_3^2$ 得

$$L_3^2 = L_1^2 - L_2^2 = 15^2 - 10^2 = 11.18$$

由于编程原点设定在 O 点, 所以 C 点的编程坐标为 $(X20, Z - 26.18)$ 。

3. 毛坯选择

材料: 45#圆钢

尺寸: $\phi 40\text{mm} \times 80\text{mm}$

4. 零件装夹

采用三爪卡盘装夹, 工件伸出长度不得超程和影响工件的加工。调头装夹时, 应垫铜皮, 以防夹伤已加工表面, 详见表 4-11。

5. 工件零点选择

工件零点设定在工件右端面中心处, 详见表 4-11。



表 4-11 球头圆锥轴数控车床加工工艺简图卡

装夹顺序号	工 艺 简 图	工步序号及内容
右端 Ⅰ		1. 平端面（手动）
		2. 粗车各外圆面，留余量 0.5mm
		3. 精车各外圆面至要求
左端Ⅱ		4. 调头装夹，平端面，取总长
		5. 粗车右半球部分及外圆
		6. 粗车球头左端部分及槽
		7. 精车各部分至要求

四、 工艺文件

1. 球头圆锥轴数控车床加工工序卡（见表 4-12）

表 4-12 球头圆锥轴数控车床加工工序卡

单位 名称	某职业学校 实习工厂	产 品 名 称		零 件 名 称		零 件 图 号		
		球头圆锥轴		项目 3		SKCL03		
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备	数控系统		车间	
001	O0040 O0041	三爪自定心卡盘		CK6140	980T/华中		数控车间	
工步号	工步内容		刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (rpm)	进给量 (mm/r)	背吃刀量 (mm)	备注
1	平端面		T01	20×20	600	0.1	0.5	手动
2	粗车各外圆面，留余量 0.5mm		T01	20×20	600	0.3	1.5	O0004
3	精车各外圆面至要求		T02	20×20	1000	0.06	0.25	O0004
4	调头装夹，平端面，取总长		T01	20×20	600	0.1	0.2	手动
5	粗车右半球部分及外圆		T01	20×20	600	0.3	1.5	O0041
6	粗车球头左端部分及槽		T03	20×20	600	0.1	0.25	O0041
7	精车各部分至要求		T03	20×20	800	0.06	0.06	O0041
编制			审核					



2. 球头圆锥轴数控加工刀具卡 (见表 4-13)

表 4-13 球头圆锥轴数控加工刀具卡

产 品 名 称		球头圆锥轴	零 件 名 称		项 目 3	零 件 图 号	SKCL03
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 (mm)	刀尖方位	备注
1	T01	90°硬质合金左偏刀	1	粗车外轮廓	0.8		
2	T02	90°硬质合金左偏刀	1	精车外轮廓	0.4		
3	T03	30°硬质合金仿形车刀	1	粗、精车外轮廓	0.4		
编制		审核		批准			

五、 程序编制 (见表 4-14 及表 4-15)

表 4-14 项目 3 参考程序 (980T 系统)

左端加工程序名: O0040	程 序 说 明	右端加工程序名: O0041	程 序 说 明
N10 M03 S500 T0101 N20 G00 X100 Z100 N30 M08 N40 G00 X40 Z1 G99 N50 G71 U2 R1 N60 G71 P70 Q130 U0.5 W0.1 F0.3 N70 G00 X25 N80 G01 Z0 F0.06 N90 X30 Z-18 N100 Z-38 N110 X35 N120 X36 W-0.5 N130 Z-45 N140 G00 X100 Z100 N150 M03 S1000 T0202 N160 G00 X40 Z1 N170 G70 P70 Q130 N180 G00 X100 Z100 N190 M09 N200 M05 N210 M30	调 1 号刀, 正转 定位至起刀点 切削液开 快速接近工件 粗车各外圆 N70 ~ N130 为精 车轨迹程序段 返回起刀点 调 2 号刀 精车各外圆 返回程序起点 切削液关 主轴停 程序结束	N10 M03 S500 T0101 N20 G00 X100 Z100 N30 M08 N40 G00 X40 Z3 G99 N50 G94 X0 Z0 F0.1 N60 G00 X40 Z1 N70 G71 U2 R1 N80 G71 P90 Q120 U0.5 W0.1 F0.3 N90 G00 X0 N100 G01 Z0 F0.06 N110 G03 X30 Z-15 R15 N120 G01 X35 N130 G00 X100 Z100 N140 M03 S500 T0303 N150 G00 X36 Z-13 N160 G73 U8 R0.008 N170 G73 P180 Q220 U0.5 W0.1 F0.3 N180 G01 X30 F0.06 N190 Z-15 N200 G03 X20 W-11.18 R15 F0.06 N210 G01 Z-35 N220 X37 N230 G00 X100 Z100 N240 M03 S1000 T0303 N250 G00 X0 Z2 N260 G01 X0 Z0 F0.06 N270 G03 X20 Z-26.18 R15 N280 G01 Z-35 N290 X35 N300 X37 W-1 N310 G00 X100 Z100 N320 M09 N330 M05 N340 M30	调 1 号刀, 正转 定位至起刀点 切削液开 快速接近工件 车端面 粗车各外圆 返回起刀点 调 3 号刀 粗车球头左端 返回起刀点 调 3 号刀 N260 ~ N300 为精车右 端程序段 返回程序起点 切削液关 主轴停 程序结束



表 4-15 项目 3 参考程序 (华中系统)

左端加工程序名: O0040	程 序 说 明	右端加工程序名: O0041	程 序 说 明
%0040		%0041	
N10 M03 S500	主轴正转	N10 M03 S500	主轴正转
N20 T0101	调 1 号刀	N20 T0101	调 1 号刀
N25 M08		N30 G00 X40 Z3 G95	快速接近工件
N30 G00 X40 Z1 G95	快速接近工件	N40 G81 X0 Z0 F0.1	车端面
N40 G71 U1.5 R1 P110 Q170	粗车各外圆	N50 G00 X40 Z1	
X0.8 Z0.1 F0.3		N60 G73 U20 W0.02 R20 P130	粗车各外圆
N50 G00 X100 Z100	返回换刀点	Q180 X0.5 Z0.02 F0.3	
N60 M05	暂停	N70 G00 X100 Z100	返回换刀点
N70 M00	停主轴	N80 M05	主轴停
N80 M03 S1000		N90 M00	暂停
N90 T0202	调 2 号刀	N100 M03 S800	
N100 G00 X40 Z1 G95		N110 T0202	调 3 号刀
N110 G00 X25	到精加工路线起点	N120 G00 X40 Z1	
N120 G01 Z0 F0.06		N130 G00 X0	到精加工路线起点
N130 X30 Z-18		N140 G01 Z0 F0.06	
N140 Z-38		N150 G03 X20 Z-26.18	
N150 X35		R15 F0.06	
N160 X36 W-0.5		N160 G01 Z-35	
N170 Z-45	精加工路线结束	N170 X35	
N180 G00 X100 Z100 M09	返回程序起点	N180 X37 W-1	精加工路线结束
N190 T0100 M05	主轴停	N190 G00 X100 Z100	返回程序起点
N200 M30	程序结束	N200 T0300 M05	主轴停
		N210 M30	程序结束

六、操作实训

- ① 录入程序并校验。
- ② 对刀并按要求输入工件零点和刀具补偿量等参数。
- ③ 单步加工, 试切削, 测量并修改有关参数。
- ④ 自动运行加工。
- ⑤ 控制精度。先单段运行程序, 正常加工后再转换到连续加工状态。采用刀具补偿进行精度控制。
- ⑥ 检验。
- ⑦ 保养机床。

七、注意事项

- ① 车刀的几何角度要考虑清楚, 以免加工球面时有干涉。
- ② 弄清工件的加工顺序, 以防无法完成工件的加工。



想一想

加工球面时，如何保证轮廓精度（从刀具和程序编制两方面考虑）？

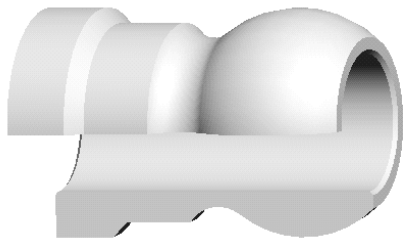
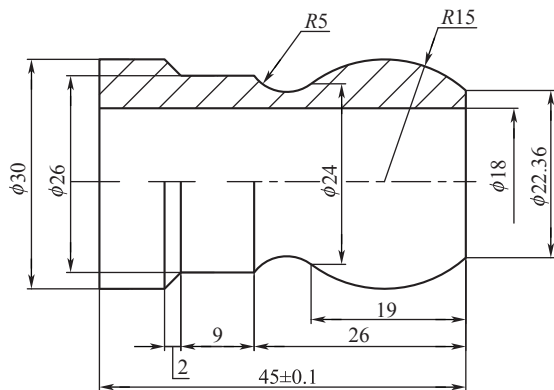
综合实训项目4 特形面通孔轴加工

一、实训目的

- ① 学会制定零件加工工艺。
- ② 利用数控车削指令 G73、G70、G71 编程。
- ③ 程序调试与零件试切。
- ④ 零件精度检测。
- ⑤ 车床的日常维护与一般故障的检测与排除。

二、实训内容及要求

分析、编制如图 4-5 所示特形面通孔轴的数控加工工艺和加工程序，要求在数控车床上完成零件加工，时间定额 2h。



技术要求：

1. 不能使用砂布和锉刀修整表面。
2. 未注倒角C0.5。

图 4-5 特形面通孔轴

三、零件加工工艺分析

1. 工艺性分析

(1) 工艺分析

根据图 4-5 可看出，此工件形状较复杂，工件直径和长度尺寸较大，毛坯为 $\phi 35\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的圆棒料，因此，加工可采用三爪自定心卡盘夹持工件左端来完成。

(2) 刀具选择

从图 4-5 可知，选择副偏角稍大一些（防止副切削刃和 R15、R25 圆弧产生过切）的 93° 偏刀或尖刀即可完成此工件的加工。



(3) 切削用量选择

粗车钢料时,背吃刀量取小于2mm为宜,进给速度可适当大些(0.1~0.25mm/r),主轴转速可选稍低些(400~600rpm)。精车时,背吃刀量(0.3~0.6mm)和进给速度(0.05~0.08mm/r)均适当取小些(刀具副偏角较大,为得到较好的表面质量,进给速度不能太大),主轴转速可根据机床、刀具、工件材料及装夹情况适当提高(800~1000rpm),以提高加工效率。

2. 数值处理

由图4-5可知,编程所需要的基点坐标均已给出,不需要计算。

3. 毛坯选择

材料:45#圆钢

尺寸:φ35mm×70mm

4. 工件装夹

采用三爪卡盘装夹,工件伸出长度不得超程和影响工件的加工,详见表4-16。

5. 确定工件零点

工件零点设定在工件右端面中心处,详见表4-16。

表4-16 特形面通孔轴数控车床加工工艺简图卡

装夹顺序号	工艺简图	工步序号及内容
I		1. 平端面
		2. 钻中心孔
		3. 用φ16mm钻头钻通孔
		4. 利用镗孔刀粗加工内孔
		5. 利用镗孔刀精加工内孔
		6. 利用外圆刀粗加工外圆
		7. 利用外圆刀精加工外圆
		8. 切断、取总长

四、工艺文件

1. 特形面通孔轴数控车床加工工序卡(见表4-17)



表 4-17 特形面通孔轴数控车床加工工序卡

单位名称	某职业学校 实习工厂	产品名称			零件名称		零件图号
		特形面通孔轴			项目 4		SKCL04
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备	数控系统	车间		
001	00005	三爪自定心卡盘	CK6140	980T/华中	数控车间		
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (rpm)	进给量 (mm/r)	背吃刀量 (mm)	备注
1	平端面	T01	20×20	500	0.1	0.5	手动
2	钻中心孔	—	φ3A	500	0.1	—	手动
3	用 φ16mm 钻头钻通孔	—	φ16	500	0.1	8	手动
4	利用镗孔刀粗加工内孔	T02	20×20	400	0.2	1	00005
5	利用镗孔刀精加工内孔	T02	20×20	800	0.05	0.25	00005
6	利用外圆刀粗加工外圆	T01	20×20	500	0.3	2	00005
7	利用外圆刀精加工外圆	T01	20×20	1200	0.06	0.25	00005
8	切断、取总长	T03	20×20	300	0.1	3	00005
编制		审核					

2. 特形面通孔数控加工刀具卡 (见表 4-18)

表 4-18 特形面通孔轴数控加工刀具卡

产品名称		特形面通孔轴	零件名称		项目 5	零件图号	SKCL05
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 (mm)	刀尖方位	备注
1	T01	55°硬质合金尖刀	1	粗、精车外轮廓	0.4		
2	T02	硬质合金镗孔车刀	1	粗、精镗内孔	0.4		
3	T03	硬质合金切槽车刀	1	切断	0.1		
4	—	中心钻 (φ3A 型)	1	钻中心孔	安装至尾座		
5	—	钻头	1	钻 φ16 通孔	安装至尾座		
编制		审核		批准			



五、程序编制（见表 4-19 和表 4-20）

表 4-19 项目 4 参考程序（980T 系统）

程序名：O0005	程序说明
N10 M03 S500 N20 T0202 N30 G00 X100 Z100 N40 G00 X15 Z2 G99 N50 G71 U1 R1 N60 G71 P70 Q100 U -0.5 W0.1 F0.2 N70 G00 X19 N80 G01 Z0 F0.05 N90 X18 Z -0.5 N100 Z -50 N110 G00 X15 Z150 N120 M05 N130 M00 N140 T0202 M03 S800 N150 G00 X15 Z2 N160 G70 P70 Q100 N170 G00 X15 Z150 N180 T0200 M05 N190 M00 N200 M03 S500 N210 T0101 N220 G00 X40 Z2 G99 N231 G90 X33 Z -50 F0.3 N232 G90 X31 Z -50 F0.3 N233 G00 X31 Z2 N230 G73 U5 W0.2 R0.005 N240 G73 P250 Q310 U0.5 W0.1 F0.3 N250 G00 X22.36 N260 G01 Z0 F0.06 N270 G03 X24 Z -19 R15 N280 G02 X26 Z -26 R5 N290 G01 W -9 N300 X30 W -2 N310 Z -50 N340 G00 X100 Z100 N350 T0100 M05 N360 M00 N370 T0101 M03 S1200 N380 G00 X34 Z2 N390 G70 P250 Q310 N400 G00 X100 Z100 N410 T0200 M05 N420 M03 S300 N430 T0303 N440 G00 X32 Z -48 G99 N450 G01 X29 F0.1 N460 X30 N470 Z -47.5 N480 X29 Z -48 N490 X1 N500 X31 N510 G00 X100 Z100 N520 T0300 M05 N530 M30	主轴正转，转速为 500rpm 选择 2 号外圆刀 建立工件坐标系 快速定位至 X15，距端面正向处 2mm 复合循环粗加工内孔，X 正方向留精加工余量 0.5mm，Z 正方向留精加工余量 0.1mm N70 ~ N100 为精车内孔轨迹 精车内孔 返回换刀点 取消刀补，主轴暂停 程序暂停，检测工件 换 1 号外圆刀 快速定位 用 G90 粗车 $\phi 30$ 外圆 用 G90 粗车 $\phi 30$ 外圆 快速定位 用 G73 粗车外轮廓 N250 ~ N310 为外轮廓精车轨迹 返回换刀点 取消刀补，主轴暂停 程序暂停，检测工件 换 1 号刀精车外圆，转速 1200rpm 快速定位 精车外轮廓 返回换刀点 取消刀补，主轴暂停 调 3 号切断刀，刀宽 3mm 倒钝 切断 程序结束，检测工件



表 4-20 项目 4 参考程序（华中系统）

程序名：O0005	程序说明
%0005	
N10 M03 S500	主轴正转，转速为 500rpm
N20 T0202	选择 2 号外圆刀
N30 G00 X100 Z100 G95	建立工件坐标系
N40 G00 X15 Z2	快速定位至 $\phi 15$ ，距端面正向处 2mm
N50 G71 U1 R1 P70 Q100 X-0.5 Z0.1 F0.2	复合循环粗加工外圆，X 正方向留精加工余量 0.5mm，Z 正方向留精加工余量 0.1mm
N55 G00 X15 Z150	
N60 M05	
N65 M00	
N67 M03 S800	主轴正转，转速为 800rpm
N68 T0202	选择 2 号外圆刀
N69 G00 X15 Z2 G95	
N70 G00 X19	N70 ~ N100 为精车轨迹
N80 G01 Z0 F0.06	
N90 X18 Z-0.5	
N100 Z-50	
N110 G00 X15 Z150	回换刀点
N120 M05	停主轴
N130 M00	程序暂停
N200 M03 S500	主轴正转，转速为 500rpm
N210 T0101	调 1 号刀
N220 G00 X40 Z2 G95	定起刀点
N230 G71 U1 R1 P250 Q310 E0.5 F0.3	粗车参数设定
N231 G00 X100 Z100	回起刀点
N232 M05	停主轴
N233 M00	程序暂停
N234 M03 S1200	主轴正转，转速为 1200rpm
N235 T0101	调 1 号刀
N240 G00 X35 Z2 G95	
N250 G00 X22.36	N250 ~ N310 为精车轨迹
N260 G01 Z0 F0.06	
N270 G03 X24 Z-19 R15	
N280 G02 X26 Z-26 R5	
N290 G01 W-9	
N300 X30 W-2	
N310 Z-50	
N340 G00 X100 Z100	回起刀点
N350 M05	停主轴
N355 M00	程序暂停
N360 M03 S300	主轴正转，转速为 300rpm
N370 T0303	调 3 号刀
N380 G00 X32 Z-48 G95	倒钝、切断
N390 G01 X29 F0.1	
N400 X30	
N410 Z-47.5	
N420 X29 Z-48	
N430 X1	
N440 X31	
N450 G00 X100 Z100	回起刀点
N460 T0300 M05	取消 3 号刀补，停主轴
N470 M30	程序结束



六、操作实训

- ① 输入程序。
- ② 用数控系统图形模拟加工，进行程序校验及修整。
- ③ 安装刀具并对刀，输入工件零点和刀具补偿量等参数。
- ④ 自动运行加工。
- ⑤ 停车后，按图纸要求检测工件，对工件进行误差与质量分析。
- ⑥ 保养机床。

七、注意事项

- ① 数控车床空载运行时，注意检查机床各部件运行状况。
- ② 装刀时，刀尖与工件轴线必须等高。
- ③ 对刀操作时，要注意切槽刀刀位点，本程序采用左刀尖作为编程刀位点。
- ④ 设定循环起点时要注意循环中快进到位时不能撞刀。



想一想

如何解决细长孔的让刀问题（从刀具和程序编制两方面考虑）？

综合实训项目5 外锥内孔螺纹轴

一、实训目的

- ① 掌握调头加工的方法与步骤。
- ② 掌握内孔的加工方法及编程。
- ③ 熟练掌握精度控制的方法与步骤。
- ④ 能读懂数控系统的常见报警信息，了解数控车床一般故障的诊断方法。

二、实训内容及要求

分析、编制如图 4-6 所示外锥内孔螺纹轴的数控加工工艺和加工程序，要求在数控车床上完成零件加工，时间定额 2h。

三、零件加工工艺分析

1. 工艺性分析

如图 4-6 所示，工件的加工形面较多，有柱面、锥面、螺纹面、内孔、外槽、圆弧面等。内、外圆有同轴度要求。加工时，要考虑工件的变形及调头后工件的找正等问题。

2. 数值处理

除圆锥小端直径外，其他编程基点已知。圆锥小端直径由以下公式可求：

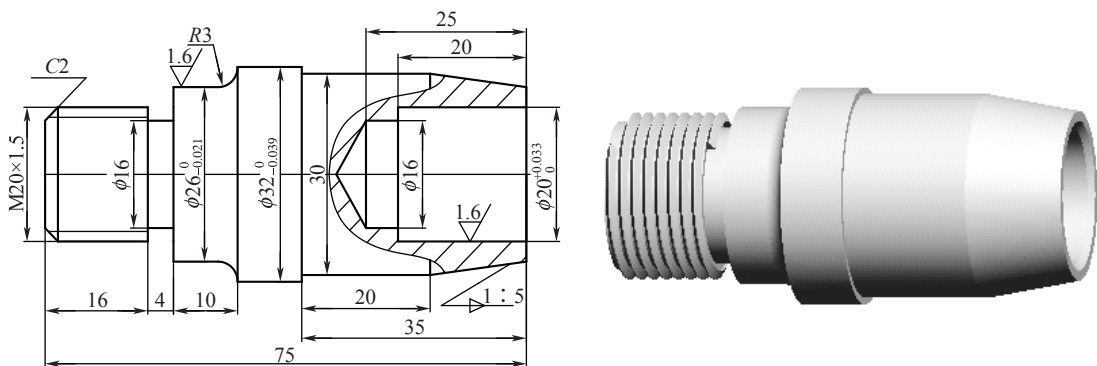
$$(D_{\text{大}} - D_{\text{小}}) / L = C$$

式中， $D_{\text{大}}$ ——大端直径（mm）；



$D_{\text{小}}$ ——小端直径为 (mm);
 L ——圆锥长度 (mm);
 C ——锥度。

其余 $\frac{3.2}{\sqrt{\quad}}$



技术要求:
1. 不能使用砂布或锉刀修整表面。
2. 未注倒角 C0.5。

图 4-6 外锥内孔螺纹轴

3. 毛坯选择

材料: 45#圆钢

尺寸: $\phi 35\text{mm} \times 80\text{mm}$

4. 零件装夹

采用三爪卡盘装夹, 工件伸出长度不得超程和影响工件的加工。调头装夹时, 应垫铜皮, 以防夹伤已加工表面。详见表 4-21。

5. 工件零点选择

工件零点设定在工件右端面中心处, 详见表 4-21。

表 4-21 外锥内孔螺纹轴数控车床加工工艺简图卡

装夹顺序号	工 艺 简 图	工步序号及内容
I 右端		1. 平端面
		2. 钻孔 $\phi 16\text{mm}$, 深 25mm
		3. 粗车内孔, 留余量 0.5mm
		4. 粗车各外圆面, 留余量 0.5mm
		5. 精车内孔, 至要求
		6. 精车各外圆面, 至要求
II 左端		7. 调头, 平端面取总长
		8. 粗车各外圆面, 留余量 0.5mm
		9. 精车各外圆面至要求
		10. 切槽至要求
		11. 车外螺纹至要求



四、工艺文件

1. 外锥内孔螺纹轴数控车床加工工序卡（见表 4-22）

表 4-22 外锥内孔螺纹轴数控车床加工工序卡

单位 名称	某职业学校 实习工厂	产 品 名 称		零 件 名 称		零 件 图 号		
		外锥内孔螺纹轴		项目 5		SKCL05		
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		数控系统		车间
001	00060、 00061	三爪自定心卡盘		CK6140		980T/华中		数控车间
工步号	工步内容		刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (rpm)	进给量 (mm/r)	背吃刀量 (mm)	备注
1	平端面		T01	20×20	600	0.1	0.5	手动
2	钻孔 φ16mm，深 25 mm		—	—	500	0.1	8	手动
3	粗车内孔，留余量 0.5mm		T03	20×20	400	0.15	1	00060
4	粗车各外圆面，留余量 0.5mm		T01	20×20	600	0.3	2	00060
5	精车内孔至要求		T03	20×20	800	0.05	0.25	00060
6	精车各外圆面至要求		T02	20×20	1200	0.06	0.25	00060
7	调头，平端面取总长		T01	20×20	600	0.1	0.5	手动
8	粗车各外圆面，留余量 0.5mm		T01	20×20	600	0.3	2	00061
9	精车各外圆面至要求		T02	20×20	1200	0.06	0.25	00061
10	切槽至要求		T03	20×20	400	0.08	3	00061
11	车外螺纹至要求		T04	20×20	400	螺距	0.1～0.5	00061
编制			审核					

2. 外锥内孔螺纹轴数控加工刀具卡（见表 4-23）

表 4-23 外锥内孔螺纹轴数控加工刀具卡

产品名称		外锥内孔螺纹轴	零件名称		项目 5	零件图号	SKCL05
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 (mm)	刀尖方位	备注
1	T01	90°硬质合金左偏刀	1	粗车外轮廓	0.8		
2	T02	90°硬质合金左偏刀	1	精车外轮廓	0.4		
3	T03	93°硬质合金镗孔车刀	1	粗、精车内孔	0.4		
4	T04	60°硬质合金螺纹车刀	1	粗、精车螺纹	0.1		
5	T03	硬质合金切槽车刀	1	车外槽	0.1		
6	—	中心钻 (φ3A 型)	1	钻中心孔	安装至尾座		
7	—	钻头 φ16	1	钻 φ16 孔			
编制		审核		批准			



五、程序编制（见表 4-24 及表 4-25）

表 4-24 项目 5 参考程序（980T 系统）

右端加工程序名：O0060	程序说明	左端加工程序名：O0061	程序说明
N10 M03 S400 T0303	调 3 号内孔刀	N10 M03 S600 T0101	调 1 号刀，正转
N15 G00 X100 Z150 G99	快速定起刀点	N20 G00 X100 Z100 G99	定位至起刀点
N20 G00 X16 Z1		N30 G00 X36 Z3	快速接近工件
N30 G71 U1 R1	粗车内孔指令 G71	N35 G94 X0 Z0 F0.1	车端面
N40 G71 P50 Q80 U-0.5		N38 G00 X36 Z1	快速接近工件
W0.1 F0.15		N40 G71 U2 R1	粗车各外圆
N50 G00 X21	N50 ~ 80 为精车内	N45 G71 P50 Q110 U0.5 W0.1 F0.3	
N55 G01 Z0 F0.05	孔程序段	N50 G00 X15.8	
N60 G01 X20 Z-0.5 F0.05		N55 G01 Z0 F0.06	N50 ~ N110 为精车
N70 Z-20		N60 G01 X19.8 Z-2	左边外圆程序段
N80 X16		N70 Z-20	
N90 G00 X100 Z150		N80 X25	
N100 M03 S500 T0101	调 1 号刀，正转	N90 X26 W-0.5	
N110 G00 X36 Z1 G99	快速接近工件	N100 Z-27	
N112 G71 U1 R1	N120 ~ N170 为粗	N110 G02 X32 W-3 R3	
N116 G71 P120 Q170 U0.5	车右边外圆程	N120 G00 X100 Z100	返回换刀点
W0.02 F0.3	序段	N130 M03 S1200 T0202	调 2 号精车刀
N120 G00 X27		N140 G00 X36 Z1	
N130 G01 Z0 F0.06		N150 G70 P50 Q110	精车各外圆
N140 X30 Z-15		N160 G00 X100 Z100	返回换刀点
N150 Z-35		N170 M03 S400 T0303	调 3 号切槽刀
N155 X31		N180 G00 X25 Z-20	
N160 X32 W-0.5		N190 G75 R1	粗、精车退刀槽
N170 Z-50	返回换刀点	N200 G75 X16 W1 P600 Q1000 F0.08	
N200 G00 X100 Z150	调 3 号内孔刀	N210 G00 X100 Z100	
N210 M03 S800 T0303		N220 M03 S400 T0404	返回换刀点
N220 G00 X16 Z1 G99		N230 G00 X22 Z2	调 4 号螺纹刀
N230 G70 P50 Q80	精车内孔	N240 G76 P020060 Q100 R0.08	
N240 G00 X100 Z150	返回程序起点	N245 G76 P020060 Q100 R0.05	粗、精车螺纹
N250 M03 S1200 T0202	调 2 号精车刀	N250 G76 X18.05 Z-18 P975	
N260 G00 X36 Z1		Q350 F1.5	
N270 G70 P120 Q170	精车各外圆	N260 G00 X100 Z100	返回程序起点
N280 G00 X100 Z150		N270 T0400 M05	主轴停
N290 T0100 M05		N280 M30	程序结束
N300 M30	程序终点		



表 4-25 项目 5 参考程序（华中系统）

右端加工程序名: 00060	程序说明	左端加工程序名: 00061	程序说明
00060		%0061	
N10 M03 S500	主轴正转	N10 M03 S500	主轴正转
N20 T0303	调 3 号刀	N20 T0101	调 1 号刀
N30 G00 X100 Z150 G95	建立工件坐标系	N30 G00 X36 Z3 G95	快速接近工件
N50 G00 X16 Z1	快速接近工件	N40 G81 X0 Z0 F0.1	车端面
N60 G71 U1 R1 P160 Q200 X -0.5 Z0.02 F0.15	粗车内孔	N50 G71 U1.5 R1 P90 Q150 X0.5 Z0.1 F0.3	粗车各外圆
N70 G00 X100 Z150	返回换刀点	N60 G00 X100 Z100	返回换刀点
N80 M03 S500		N70 M03 S1200	调 2 号精车刀
N90 T0101	调 1 号刀	N75 T0202	
N100 G00 X36 Z1 G95		N80 G00 X36 Z1	N90 ~ N150 为精车右边
N110 G71 U2 R1 P250 Q310 X0.5 Z0.1 F0.3	粗车各外圆	N90 G00 X15.8	外圆轮廓
N130 G00 X100 Z150		N95 G01 Z0 F0.06	
N140 T0303		N100 G01 X19.8 Z -2 F0.06	
N150 G00 X16 Z2 G95		N110 Z -20	
N160 G00 X21	内孔精车轮廓起点	N120 X25	
N170 G01 Z0 F0.05		N130 X26 W -0.5	
N180 G01 X20 Z -0.5		N140 Z -27	
N190 Z -20		N150 G02 X32 W -3 R3	
N200 Z150	内孔精车轮廓终点	N160 G00 X100 Z100	返回起刀点
N210 G00 X100	返回起刀点	N170 M03 S300	
N220 M03 S1200		N175 T0303	调 3 号槽刀（刀宽 4mm）
N230 T0202	调 2 号精车刀	N180 G00 X25 Z -20	
N240 G00 X36 Z1		N190 G01 X16 F0.05	
N250 G00 X27	精车轮廓起点	N200 G00 X100	
N260 G01 Z0 F0.06		N210 Z100	返回起刀点
N270 X30 Z -15		N220 M03 S400	
N280 Z -35		N230 T0404	调 4 号螺纹刀
N290 X31		N240 G00 X22 Z3	
N300 X32 W -0.5		N250 G76 C02 A60 X18.05 Z -18 K0.975 U0.05 V0.1 Q0.4 F1.5	粗、精车螺纹
N310 Z -50	精车轮廓终点	N260 G00 X100 Z100	返回起刀点
N320 G00 X100 Z150	返回程序起点	N270 T0400 M05	
N330 T0100 M05	取消刀补，主轴停	N280 M30	程序结束
N340 M30	程序结束		

六、操作实训

- ① 录入程序并校验。
- ② 对刀并按要求输入工件零点和刀具补偿量等参数。
- ③ 单步加工，试切削，测量并修改有关参数。
- ④ 自动运行加工。

⑤控制精度。先单段运行程序，正常加工后再转换到连续加工状态。采用刀具补偿进行精度控制。

⑥ 检验。

⑦ 保养机床。

七、注意事项

① 使用 G71 指令加工孔时，加工余量的预留是有方向的，应为负值。

② 注意内孔车刀的几何角度和外形尺寸，以防加工时发生干涉。



想一想

① 为什么内孔加工比外轮廓加工困难?

② 内孔加工后出现外大内小的锥度, 请分析其产生原因。

综合实训项目 6 外锥薄壁孔螺纹轴

一、实训目的

① 掌握调头加工的方法与步骤。

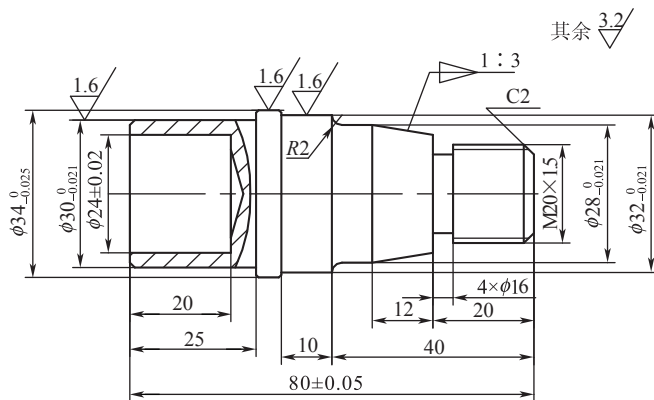
② 掌握薄壁孔的加工方法及编程。

③ 熟练掌握精度控制的方法与步骤。

④能读懂数控系统的常见报警信息,了解数控车床一般故障的诊断方法。

二、实训内容及要求

分析、编制如图 4-7 所示外锥薄壁孔螺纹轴的数控加工工艺和加工程序,要求在数控车床上完成零件加工,时间定额 2h。



技术要求:

1.不能使用砂布和锉刀修整表面。

2.未注倒角C0.5。

图 4-7 外锥薄壁孔螺纹轴



三、零件加工工艺分析

1. 工艺性分析

如图 4-7 所示, 工件的加工形面较多, 有柱面、锥面、螺纹面、较薄内孔、外槽等。加工时, 要考虑工件的变形及调头后工件的找正等问题。由于工件左端孔壁较薄, 故应先加工右端, 然后夹工件刚性较好的 $\phi 30\text{mm}$ 外圆, 加工左端孔及外圆, 这样可避免工件加工时产生变形。

2. 数值处理

除圆锥小端直径外, 其他编程基点已知。圆锥小端直径由以下公式可求:

$$(D_{\text{大}} - D_{\text{小}}) / L = C$$

式中, $D_{\text{大}}$ ——大端直径 (mm);

$D_{\text{小}}$ ——小端直径为 (mm);

L ——圆锥长度 (mm);

C ——锥度 (mm)。

3. 毛坯选择

材料: 45#圆钢

尺寸: $\phi 35\text{mm} \times 82\text{mm}$

4. 零件装夹

采用三爪卡盘装夹。调头装夹时, 要找正工件并应垫铜皮, 以防夹伤已加工表面, 详见表 4-26。

5. 工件零点选择

工件零点设定在工件右端面中心处, 详见表 4-26。

表 4-26 外锥薄壁孔螺纹轴数控车床加工工艺简图卡

装夹顺序号	工艺简图	工步序号及内容
I 右端		1. 平端面
		2. 粗车各外圆面, 留余量 0.5mm
		3. 精车各外圆面至要求
		4. 切槽至要求
		5. 车外螺纹至要求
II 左端		6. 调头, 平端面取总长
		7. 钻孔 $\phi 20\text{mm}$, 深 24 mm
		8. 粗车内孔, 留余量 0.5mm
		9. 粗车各外圆面, 留余量 0.5mm
		10. 精车内孔至要求
		11. 精车各外圆面至要求



四、工艺文件

1. 外锥薄壁孔螺纹轴数控车床加工工序卡（见表 4-27）

表 4-27 外锥薄壁孔螺纹轴数控车床加工工序卡

单位名称	某职业学校 实习工厂	产品名称		零件名称		零件图号	
		外锥薄壁孔螺纹轴		项目 6		SKCL06	
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备	数控系统		车间	
001	00070、 00071	三爪自定心卡盘	CK6140	980T		数控车间	
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (rpm)	进给量 (mm/r)	背吃刀量 (mm)	备注
1	平端面	T01	20×20	600	0.1	0.5	手动
2	粗车各外圆面，留余量 0.5mm	T01	20×20	500	0.3	2	00070
3	精车各外圆面至要求	T02	20×20	1000	0.06	0.25	00070
4	切槽至要求	T03	20×20	400	0.1	3	00070
5	车外螺纹至要求	T04	20×20	400	螺距	0.1~0.5	00070
6	调头，平端面取总长	T02	20×20	500	0.1	0.5	手动
7	钻孔 $\phi 20$ mm，深 24 mm	—	—	400	0.1	10	手动
8	粗车内孔，留余量 0.5mm	T03	20×20	400	0.15	1	00071
9	粗车各外圆面，留余量 0.5mm	T01	20×20	500	0.3	2	00071
10	精车内孔至要求	T03	20×20	800	0.06	0.25	00071
11	精车各外圆面至要求	T02	20×20	1200	0.06	0.25	00071
编制			审核				

2. 外锥薄壁孔螺纹轴数控加工刀具卡（见表 4-28）

表 4-28 外锥薄壁孔螺纹轴数控加工刀具卡

产 品 名 称		外锥薄壁孔螺纹轴		零 件 名 称		项 目 6	零 件 图 号	SKCL06
序号	刀具号	刀具名称		数量	加工表面	刀尖半径 (mm)	刀尖方位	备注
1	T01	90°硬质合金左偏刀		1	粗车外轮廓	0.8		
2	T02	90°硬质合金左偏刀		1	精车外轮廓	0.4		
3	T03	93°硬质合金镗孔车刀		1	粗、精镗内孔	0.4		
4	T04	60°硬质合金螺纹车刀		1	粗、精车螺纹	0.1		
5	T03	硬质合金切槽车刀 (刀宽 3mm)		1	车外槽	0.1		
6	—	中心钻（φ3A 型）		1	钻中心孔	安装至尾座		
7	—	钻头 φ16		1	钻 φ16 孔			
编制		审核			批准			



五、 程序编制（见表 4-29 及表 4-30）

表 4-29 项目 6 参考程序（980T 系统）

右端加工程序名: O0070	程 序 说 明	左端加工程序名: O0071	程 序 说 明
N10 M03 S600 T0101	调 1 号刀, 正转	N10 M03 S400 T0303	主轴正转, 调 3 号刀
N20 G00 X100 Z100 G99	定位至起刀点	N15 G00 X100 Z150 G99	快速定起刀点
N30 G00 X36 Z3	快速接近工件	N20 G00 X18 Z1	快速接近工件
N35 G94 X0 Z0 F0.1	车端面	N30 G71 U1 R1	粗车内孔
N38 G00 X36 Z1	快速接近工件	N40 G71 P50 Q80 U-0.5	
N40 G71 U2 R1	粗车各外圆	W0.1 F0.15	
N45 G71 P50 Q110 U0.5		N50 G00 X25	N50 ~ N80 为内孔
W0.1 F0.3		N55 G01 Z0 F0.05	精车轨迹
N50 G00 X15.8	N50 ~ N110 为精车	N60 G01 X24 Z-0.5 F0.05	
N55 G01 Z0 F0.06	轨迹	N70 Z-20	
N60 G01 X19.8 Z-2		N80 X16	
N70 Z-20		N90 G00 X100 Z150	
N80 X24		N100 M03 S500 T0101	
N90 X28 Z-32		N110 G00 X36 Z1 G99	调 1 号刀, 正转
N95 Z-38		N112 G71 U1 R1	快速接近工件
N100 G02 X32 Z-40 R2		N116 G71 P120 Q180 U0.5	粗车各外圆
N105 G01 Z-50		W0.02 F0.3	
N108 X33		N120 G00 X29	N120 ~ N180 为外
N109 X34 Z-50.5		N130 G01 Z0 F0.06	圆精车轨迹
N110 Z-57		N140 X30 Z-0.5	
N120 G00 X100 Z100	返回换刀点	N150 Z-25	
N130 M03 S1000 T0202	调 2 号精车刀	N160 X33	
N140 G00 X36 Z1		N170 X34 W-0.5	
N150 G70 P50 Q110	精车各外圆	N180 Z-35	
N160 G00 X100 Z100	返回换刀点	N200 G00 X100 Z150	返回换刀点
N170 M03 S1000 T0303	调 3 号切槽刀	N210 M03 S800 T0303	调 3 号内孔刀
N180 G00 X25 Z-20		N220 G00 X16 Z1 G99	
N190 G75 R1	粗、精车退刀槽	N230 G70 P50 Q80	精车内孔
N200 G75 X16 W1 P600		N240 G00 X100 Z150	返回程序起点
Q1000 F0.08		N250 M03 S1200 T0202	调 2 号精车刀
N210 G00 X100 Z100	返回起刀点	N260 G00 X36 Z1	
N220 M03 S500 T0404	调 4 号螺纹刀	N270 G70 P120 Q180	精车各外圆
N230 G00 X22 Z2	粗、精车螺纹	N280 G00 X100 Z150	
N240 G76 P020060 Q100 R0.05		N290 T0100 M05	
N250 G76 X18.05 Z-18 P975		N300 M30	程序结束
Q350 F1.5			
N260 G00 X100 Z100	返回程序起点		
N270 M05	主轴停		
N280 M30	程序结束		



表 4-30 项目 6 参考程序（华中系统）

右端加工程序名：O0070	程序说明	左端加工程序名：O0071	程序说明
%0070		%0071	
N10 M03 S500	主轴正转	N10 M03 S500	主轴正转
N20 T0101	调 1 号刀	N20 T0101	调 1 号外圆刀
N30 G00 X36 Z3 G95	快速接近工件	N25 G00 X35 Z2 G95	
N40 G81 X0 Z0 F0.1	车端面	N30 G81 X0 Z0 F0.1	车端面
N50 G71 U1.5 R1 P90 Q150	粗车各外圆指令 G71	N35 G00 X100 Z100	
U0.5 Z0.1 F0.3	返回换刀点	N40 T0303	调 3 号内孔车刀
N60 G00 X100 Z100		N50 G00 X18 Z1 G95	快速接近工件
N70 M03 S1000	调 2 号精车刀	N60 G71 U1 R1 P160 Q200 X-0.5	粗车内孔
N75 T0202		Z0.02 F0.15	
N80 G00 X36 Z1	N90 ~ N140 为精车	N70 G00 X100 Z150	返回换刀点
N90 G00 X15.8	轮廓	N80 M03 S500	
N95 G01 Z0 F0.06		N90 T0101	
N100 G01 X19.8 Z-2		N100 G00 X36 Z1 G95	粗车各外圆指令
N110 Z-20		N110 G71 U2 R1 P250 Q300 U0.5	G71
N120 X24		W0.1 F0.3	
N130 X28 Z-32		N130 G00 X100 Z150	
N140 Z-38		N140 T0303	
N142 G02 X32 W-2 R2		N150 G00 X18 Z2 G95	
N144 G01 Z-50		N160 G00 X25	内孔精车轮廓终点
N146 X33		N170 G01 Z0 F0.05	
N148 X34 Z-50.5		N180 G01 X24 Z-0.5	
N150 Z-57		N190 Z-20	
N160 G00 X100 Z100	返回换刀点	N200 X18	内孔精车轮廓终点
N170 M03 S300		N210 G00 X100 Z150	返回起刀点
N175 T0303	调 3 号槽刀（刀宽	N220 M03 S1200	
N180 G00 X25 Z-20	4mm）	N230 T0202	调 2 号精车刀
N190 G01 X16 F0.05		N240 G00 X36 Z1	
N200 G00 X100	返回换刀点	N250 G00 X29	精车左边外轮廓起点
N210 Z100		N260 G01 Z0 F0.06	
N220 M03 S400		N270 X30 Z-0.5	
N230 T0404	调 4 号螺纹刀	N280 Z-25	
N240 G00 X22 Z2	粗、精车螺纹	N290 X33	
N250 G76 C02 A60 X18.05 Z-		N300 X34 Z-25.5	精车左边外轮廓终点
18 K0.975 U0.1 V0.1		N310 G00 X100 Z150	返回程序起点
Q0.4 F1.5		N320 T0100 M05	取消刀补，主轴停
N260 G00 X100 Z100	返回程序起点	N330 M30	程序结束
N270 M05	主轴停		
N280 M30	程序结束		



六、操作实训

- ① 录入程序并校验。
- ② 对刀并按要求输入工件零点和刀具补偿量等参数。
- ③ 单步加工，试切削，测量并修改有关参数。
- ④ 自动运行加工。
- ⑤ 控制精度。先单段运行程序，正常加工后再转换到连续加工状态。采用刀具补偿进行精度控制。
- ⑥ 检验。
- ⑦ 保养机床。

七、注意事项

- ① 使用 G71 指令加工孔时，加工余量的预留是有方向的，应为负值。
- ② 注意内孔车刀的几何角度和外形尺寸，以防加工时发生干涉。



想一想

如何解决薄壁孔加工时变形的问题？

综合实训项目 7 内外锥轴套加工

一、实训目的

- ① 掌握套类零件的加工工艺分析及编程方法。
- ② 合理选择刀具及切削用量。
- ③ 能采用一定的加工技巧来保证加工精度。
- ④ 培养安全意识，做到安全操作、文明生产。

二、实训内容及要求

分析、编制如图 4-8 所示内外锥轴套的数控加工工艺和加工程序，要求在数控车床上完成零件加工，时间定额 2h。

三、零件加工工艺分析

1. 工艺性分析

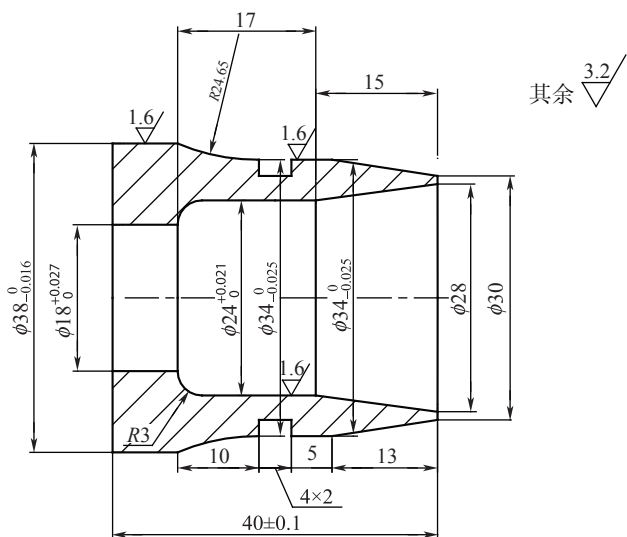
如图 4-8 所示，该套类零件的加工形面较多，外圆有柱面、圆弧面、外锥面、外槽等，而内孔有圆弧面和锥面。从该零件的形状考虑，可以一次装夹完成加工。

2. 数值处理

由图 4-8 可知，编程所需要的基点坐标均已给出，不需要计算。需要注意的是外槽的尺寸，选择切槽刀时应考虑好刀宽。

3. 毛坯选择

材料：45#圆钢

尺寸: $\phi 40\text{mm} \times 70\text{mm}$ 

技术要求:

1. 不能使用砂布和锉刀修整表面。
2. 未注倒角 $0.5 \times 45^\circ$ 。

图 4-8 内外锥轴套

4. 零件装夹

采用三爪卡盘装夹, 工件伸出长度 50mm 左右。调头装夹时, 应垫铜皮, 以防夹伤已加工表面, 详见表 4-31。

5. 工件零点选择

工件零点设定在工件右端面中心处, 详见表 4-31。

表 4-31 内外锥轴套数控车床加工工艺简图卡

装夹序号	工艺简图	工步序号及内容
I		1. 平端面
		2. 钻中心孔
		3. 用 $\phi 16\text{mm}$ 钻头钻通孔
		4. 用镗孔刀粗加工内孔
		5. 用镗孔刀精加工内孔
		6. 用外圆刀粗加工各外圆
		7. 用外圆刀精加工各外圆
		8. 用切槽刀切外槽至要求
		9. 切断
II	(略)	掉头包好铜皮, 切削另一端面、倒钝, 取总长度至要求 (手动)



四、工艺文件

1. 内外锥轴套数控车床加工工序卡（见表 4-32）

表 4-32 内外锥轴套数控车床加工工序卡

单位名称	某职业学校 实习工厂	产品名称		零件名称		零件图号	
		内外锥轴套		项目 7		SKCL07	
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备	数控系统		车间	
001	O0008	三爪自定心卡盘	CK6140	980T		数控车间	
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (rpm)	进给量 (mm/r)	背吃刀量 (mm)	备注
1	平端面	T01	20 × 20	500	0.1	0.5	手动
2	钻中心孔	—	φ3A 型	500	0.1	—	手动
3	用 φ16mm 钻头钻通孔	—	φ16	500	0.1	8	O0008
4	用镗孔刀粗加工内孔	T02	20 × 20	400	0.15	1	O0008
5	用镗孔刀精加工内孔	T02	20 × 20	800	0.05	0.25	O0008
6	用外圆刀粗加工各外圆	T01	20 × 20	500	0.3	2	O0008
7	用外圆刀精加工各外圆	T03	20 × 20	1200	0.06	0.25	O0008
8	用切槽刀切外槽至要求	T04	20 × 20	400	0.08	3	O0008
9	切断	T04	20 × 20	400	0.08	3	O0008
编制		审核					

2. 内外锥轴套数控加工刀具卡（见表 4-33）

表 4-33 内外锥轴套数控加工刀具卡

产 品 名 称		内外锥轴套		零 件 名 称		项 目 7	零 件 图 号	SKCL07
序号	刀具号	刀具名称		数量	加工表面	刀尖半径 (mm)	刀尖方位	备注
1	T01	90°硬质合金左偏刀		1	粗车外轮廓	0.8		
2	T02	镗孔车刀		1	粗、精镗内孔	0.4		
3	T03	90°硬质合金左偏刀		1	精车外轮廓	0.4		
4	T04	硬质合金切槽车刀		1	车外沟槽	0.1		
5	—	中心钻（φ3A 型）		1	钻中心孔	安装至尾座		
6	—	钻头		1	钻 φ16 孔	安装至尾座		
编制		审核			批准			



五、 程序编制（见表 4-34 及表 4-35）

表 4-34 项目 7 参考程序（980T 系统）

程序名：O0008	程 序 说 明
N10 M03 S400 T0202 N20 M08 N30 G00 X100 Z150 G99 N40 G00 X15 Z2 N50 G71 U1 R1 N60 G71 P70 Q120 U-0.5 W0.1 F0.15 N70 G00 X28 N80 G01 Z0 F0.05 N90 G01 X24 Z-15 N100 Z-29 N110 G03 X18 Z-32 R3 N120 G01 Z-43 N140 G00 X100 Z150 N150 M03 S800 T0202 N160 G00 X15 Z2 N170 G70 P70 Q120 N180 G00 X100 Z150 N190 M03 S500 T0101 N200 G00 X40 Z2 N210 G71 U2 R1 N220 G71 P230 Q270 U0.5 W0.1 F0.3 N230 G00 X30 N240 G01 Z0 F0.08 N250 G01 X34 Z-13 Z-22 N260 G02 X38 W-10 R24.65 N270 G01 Z-43 N280 G00 X100 Z100 N285 M03 S1200 T0101 N290 G00 X40 Z2 N300 G70 P230 Q270 N310 G00 X100 Z100 N320 M03 S400 T0404 N330 G00 X35 Z-21 N340 G75 R1 N350 G75 X30 Z-22 P3000 Q2000 F0.08 N360 G00 X42 N370 Z-43 N380 G75 R1 N390 G75 X15 Z-43 P3000 Q2000 F0.08 N400 G00 X100 Z100 N410 M09 N420 M05 N430 M30	调 2 号内孔刀，正转 400rpm 切削液开 快速定位至起刀点 快速接近工件毛坯 粗车各内孔面 N70 ~ N120 为内孔精加工轮廓 返回换刀点 转速 800rpm 精车各内孔 返回换刀点 调 1 号外圆刀 粗车各外圆面 N230 ~ N270 为外圆精加工轮廓 返回起刀点 精车各外圆面 返回外圆起刀点 调 3 号切槽刀 切 4×2 的外沟槽 切断 返回外圆起刀点 切削液关 主轴停 程序结束



表 4-35 项目 7 参考程序 (华中系统)

程序名: O0008	程序说明
%0008	
N10 M03 S400	主轴正转 400rpm
N20 T0202	调 2 号内孔刀
N30 M08	切削液开
N40 G00 X100 Z150 G95	快速定位至起刀点
N50 G00 X19 Z2	快速接近工件毛坯
N60 G71 U1 R1 P100 Q150 X-0.5 Z0.1 F0.15	粗车各内孔面
N70 G00 X100 Z150	返回换刀点
N80 M03 S800	调 2 号内孔刀
N85 T0202	
N90 G00 X19 Z2	定位至精加工路线起点
N100 G00 X28	
N110 G01 Z0 F0.05	
N120 G01 X24 Z-15	
N130 Z-29	
N140 G03 X18 Z-32 R3	
N150 G01 Z-43	精加工路线结束
N160 G00 Z150	
N170 G00 X100	
N180 M03 S500	返回起刀点
N185 T0101	
N190 G00 X40 Z2	调 1 号外圆车刀
N200 G71 U2 R1 P240 Q290 X0.5 Z0.1 F0.3	粗车各外圆指令 G71
N210 G00 X100 Z100	返回起刀点
N220 M03 S1200	主轴转速 1200rpm
N225 T0303	调 3 号车刀
N230 G00 X40 Z1	
N240 G00 X30	定位至外径精加工路线起点
N250 G01 Z0 F0.06	
N260 G01 X34 Z-13	
N270 Z-22	
N280 G02 X38 W-10 R24.65	
N290 G01 Z-43	精加工路线结束
N300 G00 X100 Z100	返回起刀点
N310 M03 S400	主轴转速 400rpm
N315 T0404	调 3 号切槽刀 (刀宽 3mm)
N320 G00 X35 Z-21	
N330 G01 X30 F0.08	切槽
X35	
Z-22	
X30	
N340 G00 X42	
N350 Z-43	
N360 G01 X17 F0.08	切断工件
N370 G00 X100	返回起刀点
N380 Z100	
N390 M09	切削液关
N400 M05	主轴停
N410 M30	程序结束



六、操作实训

- ① 录入程序。
- ② 对刀并按要求输入工件零点和刀具补偿量等参数。
- ③ 单步加工，试切削，测量后通过修改程序或刀补来控制精度。
- ④ 自动运行加工。
- ⑤ 检验工件尺寸是否合格。
- ⑥ 加工完毕清扫并保养机床。

七、注意事项

- ① 合理地选择切削用量，加工过程中可以利用进给倍率的修调来控制进给速度。
- ② 零件调头加工时要注意装夹的位置，装夹已加工表面时，要包好铜皮。



想一想

- ① 如何对内孔车刀？
- ② 在加工过程中，如何二次对刀？即外圆粗车刀刀尖崩刃而不能正常使用，现重磨或更换新刀后，应如何对刀？

综合实训项目 8 外螺纹内锥轴套加工

一、实训目的

- ① 掌握套类零件的加工工艺分析方法及编程方法。
- ② 合理选用量具，掌握内孔测量的方法与步骤。
- ③ 正确填写数控车床工艺简卡。
- ④ 培养安全意识，做到安全操作、文明生产。
- ⑤ 掌握零件调头后的对刀方法。

二、实训内容及要求

分析、编制如图 4-9 所示外螺纹内锥轴套的数控加工工艺和加工程序，要求在数控车床上完成零件加工，时间定额 2h。

三、零件加工工艺分析

1. 工艺性分析

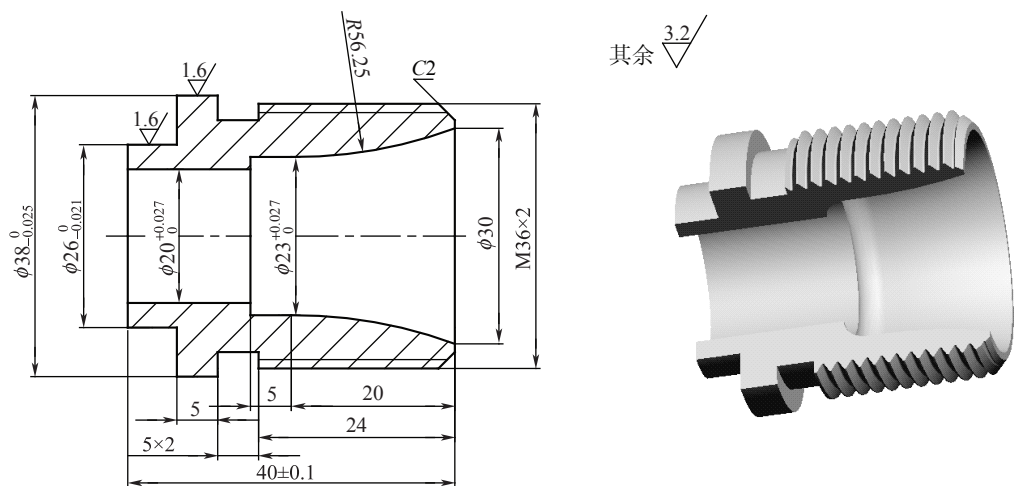
如图 4-9 所示，该套类零件的加工形面较多，其中外圆有柱面、台阶面、倒角、外槽和外螺纹等，而内孔有圆弧面和圆柱面。从其形状考虑，该零件应加工完右端面后，再调头装夹，完成左端面的加工。

2. 数值处理

由图 4-9 可知，编程所需要的基点坐标均已给出，其中要注意外螺纹 $M36 \times 2$ 各个尺寸



的计算，同时还需要注意的是外槽的尺寸，选择切槽刀时要考虑好刀宽。



- 技术要求：
- 1. 不能使用砂布和锉刀修整表面。
 - 2. 未注倒角 $0.5 \times 45^\circ$ 。

图 4-9 外螺纹内锥轴套

3. 毛坯选择

材料：45#圆钢

尺寸： $\phi 40\text{mm} \times 70\text{mm}$

4. 工件装夹

采用三爪卡盘装夹，工件伸出长度 50mm。调头装夹时，应垫铜皮，以防夹伤已加工表面。详见表 4-36。

5. 工件零点

工件零点设定在工件右端面中心处，详见表 4-36。

表 4-36 外螺纹内锥轴套数控车床加工工艺简图卡

装夹顺序号	工艺简图	工步序号及内容
I		1. 平端面
		2. 钻中心孔
		3. 用 $\phi 16\text{mm}$ 钻头钻通孔
		4. 利用镗孔刀粗加工内孔
		5. 利用镗孔刀精加工内孔
		6. 利用外圆刀粗加工外圆
		7. 利用外圆刀精加工外圆
		8. 用切槽刀切外槽
		9. 用外螺纹刀车螺纹
		10. 利用右偏外圆刀粗加工外圆
		11. 利用右偏外圆刀精加工外圆
		12. 切断，取总长



四、工艺文件

1. 外螺纹内锥轴套数控车床加工工序卡（见表 4-37）

表 4-37 外螺纹内锥轴套数控车床加工工序卡

单位名称	某职业学校 实习工厂	产 品 名 称		零 件 名 称		零 件 图 号		
		外螺纹内锥轴套		项目 8		SKCL08		
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		数控系统		车间
001	O0009	三爪自定心卡盘		CK6140		980T		数控车间
工步号	工步内容		刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (rpm)	进给量 (mm/r)	背吃刀量 (mm)	备注
1	平端面		T01	20×20	500	0.1	0.5	手动
2	钻中心孔		—	φ3A 型	500	0.1	—	手动
3	用 φ16mm 钻头钻通孔		—	φ16	500	0.1	8	手动
4	利用镗孔刀粗加工内孔		T02	20×20	400	0.15	1	O0009
5	利用镗孔刀精加工内孔		T02	20×20	800	0.05	0.3	O0009
6	利用外圆刀粗加工外圆		T01	20×20	500	0.3	2	O0009
7	利用外圆刀精加工外圆		T01	20×20	1200	0.06	0.5	O0009
8	用切槽刀切外槽		T03	20×20	400	0.08	3	O0009
9	用外螺纹刀车螺纹		T04	20×20	400	螺距	0.1~0.5	O0009
10	利用右偏外圆刀粗加工外圆		T05	20×10	500	0.3	2	O0009
11	利用右偏外圆刀精加工外圆		T05	20×10	1200	0.1	0.25	O0009
12	切断，取总长		T03	20×20	400	0.08	3	O0009
编制			审核					

2. 外螺纹内锥轴套数控加工刀具卡（见表 4-38）

表 4-38 外螺纹内锥轴套数控加工刀具卡

产 品 名 称		外螺纹内锥轴套		零 件 名 称		项 目 8	零 件 图 号	SKCL08
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 (mm)	刀尖方位	备注	
1	T01	90°硬质合金左偏刀	1	粗、精车外轮廓	0.4			
2	T02	镗孔车刀	1	粗、精镗内孔	0.4			
3	T03	硬质合金切槽车刀	1	车外螺纹	0.1			
4	T04	60°硬质合金外螺纹车刀	1	车外沟槽、切断	0.1			
5	T05	90°硬质合金右偏刀	1	粗、精加工 φ26 外圆	0.4		本实例采用 六工位刀架	
6	—	中心钻（φ3A 型）	1	钻中心孔	安装至尾座			
7	—	钻头	1	钻 φ16 通孔	安装至尾座			
编制		审核		批准				



五、程序编制（见表 4-39 及表 4-40）

表 4-39 项目 8 参考程序（980T 系统）

程序名: O0009	程 序 说 明
N10 M03 S400 T0202	调 2 号内孔刀，正转 400rpm
N20 M08	切削液开
N30 G00 X100 Z150 G99	快速定位至起刀点
N40 G00 X15 Z2	快速接近工件毛坯
N50 G71 U1 R1	粗车各内孔面
N60 G71 P70 Q120 U -0.5 W0.1 F0.15	
N70 G00 X30	
N80 G01 Z0 F0.06	
N90 G02 X23 Z -20 R56.25	N70 ~ N120 为内孔精加工轮廓
N100 G01 W -5	
N110 X20	
N120 G01 Z -44	
N140 G00 X100 Z150	返回换刀点
N150 M03 S800 T0202	调 2 号精车刀，转速 800rpm
N160 G00 X15 Z2	
N170 G70 P70 Q120	精车各内孔
N180 G00 X100 Z150	返回起刀点
N190 M03 S500 T0101	调 1 号外圆刀
N200 G00 X40 Z2	
N210 G71 U2 R1	粗车各外圆面
N220 G71 P230 Q270 U0.5 W0.1 F0.3	
N230 G00 X31.8	N230 ~ N270 为外圆精加工轮廓
N240 G01 Z0 F0.08	
N250 G01 X35.8 Z -2	
N255 Z -29	
N260 X37	
N265 G01 X38 Z -29.5	
N270 G01 Z -44	
N280 G00 X100 Z100	返回外圆起刀点
N285 M03 S1200 T0101	调 1 号外圆车刀
N290 G00 X40 Z2	
N300 G70 P230 Q270	精车各外圆面
N310 G00 X100 Z100	返回外圆起刀点
N320 M03 S400 T0303	调 3 号切槽刀（刀宽 4mm）
N330 G00 X39 Z -28	
N340 G75 R1	切槽
N350 G75 X30 Z -29 P3000 Q2000 F0.08	
N360 G00 X42	
N370 Z -52	
N380 G75 R1	
N390 G75 X24 Z -44 P3000 Q2000 F0.08	
N400 G00 X100 Z100	



续表

程序名: O0009	程 序 说 明
N402 M03 S400	
N404 T0404	调 4 号螺纹车刀
N406 G00 X38 Z3	
N407 G76 P020060 Q100 R0.05	车 M36 × 2 的螺纹
N408 G76 X33.4 Z-25 P1300 Q400 F2	
N409 G00 X100 Z100	
N410 M03 S500	
N420 T0202	调 2 号外圆右偏刀
N430 G00 X40 Z-41	
N440 G71 U1 R1	粗车 $\phi 26$ 外圆指令 G71
N450 G71 P460 Q510 U0.5 W0.1 F0.3	
N460 G00 X25	N460 ~ N510 为 $\phi 26$ 外圆精车轨迹
N470 G01 Z-40 F0.06	
N480 X26 Z-39.5	
N490 Z-34	
N500 X37	
N510 X38 Z-33.5	
N520 G00 X100 Z100	
N530 M03 S1200 T0505	90° 硬质合金右偏刀
N540 G00 X42 Z-41	
N550 G70 P460 Q510	精车 $\phi 26$ 外圆
N560 G00 X100 Z100	
N570 M03 S400 T0404	调 3 号切断刀
N580 G00 X42 Z-44	
N5900 G75 R1	
N600 G75 X19 Z-44 P3000 Q2000 F0.08	切断
N610 G00 X100 Z100	返回外圆起刀点
N620 M09	切削液关
N630 M05	主轴停
N640 M30	程序结束

表 4-40 项目 8 参考程序 (华中系统)

程序名: O0009	程 序 说 明
%0009	
N10 M03 S400	主轴正转 400rpm
N20 T0202	调 2 号内孔刀
N30 M08	切削液开
N40 G00 X100 Z150 G95	快速定位至起刀点
N50 G00 X15 Z2	快速接近工件毛坯
N60 G71 U1 R1 P100 Q150 X-0.5 Z0.1 F0.15	粗车各内孔面指令 G71
N70 G00 X100 Z150	返回换刀点
N80 M03 S800	
N85 T0202	调 2 号内孔刀



续表

程序名: O0009	程序说明
N90 G00 X15 Z2	
N100 G00 X30	定位至精加工路线起点
N110 G01 Z0 F0.06	
N120 G02 X23 Z-20 R56.25	
N130 G01 W-5	
N140 X20	
N150 G01 Z-44	精加工路线结束
N160 G00 X17	
N170 G00 Z150	返回起刀点
N175 X100	
N180 M03 S500	
N185 T0101	调1号外圆车刀
N190 G00 X40 Z2	
N200 G71 U2 R1 P240 Q290 X0.5 Z0.1 F0.3	粗车各外圆指令 G71
N210 G00 X100 Z100	返回换刀点
N220 M03 S1200	主轴转速 1200rpm
N225 T0101	调1号车刀
N230 G00 X40 Z1	定位至外径精加工路线起点
N240 G00 X31.8	
N250 G01 Z0 F0.08	
N260 G01 X35.8 Z-2	
N270 Z-29	
N280 X37	
N285 G01 X38 Z-29.5	
N290 G01 Z-44	精加工路线结束
N300 G00 X100 Z100	返回起刀点
N310 M03 S400	主轴转速 400rpm
N315 T0303	调3号切槽刀 (刀宽4mm)
N320 G00 X40 Z-28	N320 ~ N336 为切5×2的外沟槽
N330 G01 X32 F0.08	
N332 X40	
N334 Z-29	
N336 X32	N340 ~ N430 为切右偏刀下刀的槽
N340 G00 X42	
N350 Z-44	
N360 G01 X24 F0.08	
N370 X42	
N380 Z-47.9	
N390 X24	
N410 X42	
N420 Z-51.8	
N430 X24	
N440 G00 X100	
N450 Z100	
N52 M03 S400	



续表

程序名: O0009	程序说明
N454 T0404	
N456 G00 X38 Z3	
N458 G76 C02 A60 X33.4 Z-25 K1.3 U0.1 V0.1 Q0.4 F2	车 M36 × 2 的外螺纹
N459 G00 X100 Z100	
N460 M03 S500	
N470 T0505	90°硬质合金右偏刀
N480 G00 X42 Z-41	粗车 $\phi 26$ 外圆的指令
N490 G71 U1 R1 P540 Q590 X0.5 Z0.02 F0.3	
N500 G00 X100 Z100	
N510 M03 S1200	
N520 T0505	调 5 号外圆右偏刀
N530 G00 X42 Z-41	N540 ~ N590 为车 $\phi 26$ 外圆程序段
N540 G00 X25	
N550 G01 Z-40 F0.06	
N560 X26 Z-39.5	
N570 Z-34	
N580 X37	
N590 X38 Z-33.5	
N595 G00 X100 Z100	
N600 M03 S400	
N610 T0303	调 3 号切断刀
N620 G00 X42 Z-44	
N630 G01 X19 F0.08	切断工件
N640 G00 X100	返回程序起点
N650 Z100	
N660 M09	切削液关
N670 M05	主轴停
N680 M30	程序结束

六、操作实训

- ① 录入程序并按要求模拟校验程序。
- ② 对刀并按要求输入工件零点和刀具补偿量等参数。
- ③ 单步加工，试切削，测量后通过修改程序或刀补来控制精度。
- ④ 自动运行加工。
- ⑤ 检验工件尺寸是否合格。
- ⑥ 加工完毕清扫并保养机床。

七、注意事项

- ① 注意螺纹刀的对刀精度，以免加工出的螺纹不合格。
- ② 零件调头加工时要注意装夹的位置，装夹已加工表面时，要包好铜皮。
- ③ 调头后 2 号刀要重新对刀，否则会出现撞刀或空切现象。



想一想

- ① 加工内孔时，如何对刀？
- ② 在加工过程中，如何二次对刀？即外圆粗车刀刀尖崩刃而不能正常使用，现重磨或更换新刀后，应如何对刀才不影响其他刀的使用？

综合实训项目9 钻夹头锁母加工

一、实训目的

- ① 掌握套类零件的加工工艺分析方法及编程方法。
- ② 合理选用量具，掌握内锥测量的方法与步骤。
- ③ 提高零件加工的实战能力。
- ④ 培养安全意识，做到安全操作、文明生产。

二、实训内容及要求

分析、编制如图 4-10 所示钻夹头锁母的数控加工工艺和加工程序，要求在数控车床上完成零件加工，时间定额 2h。

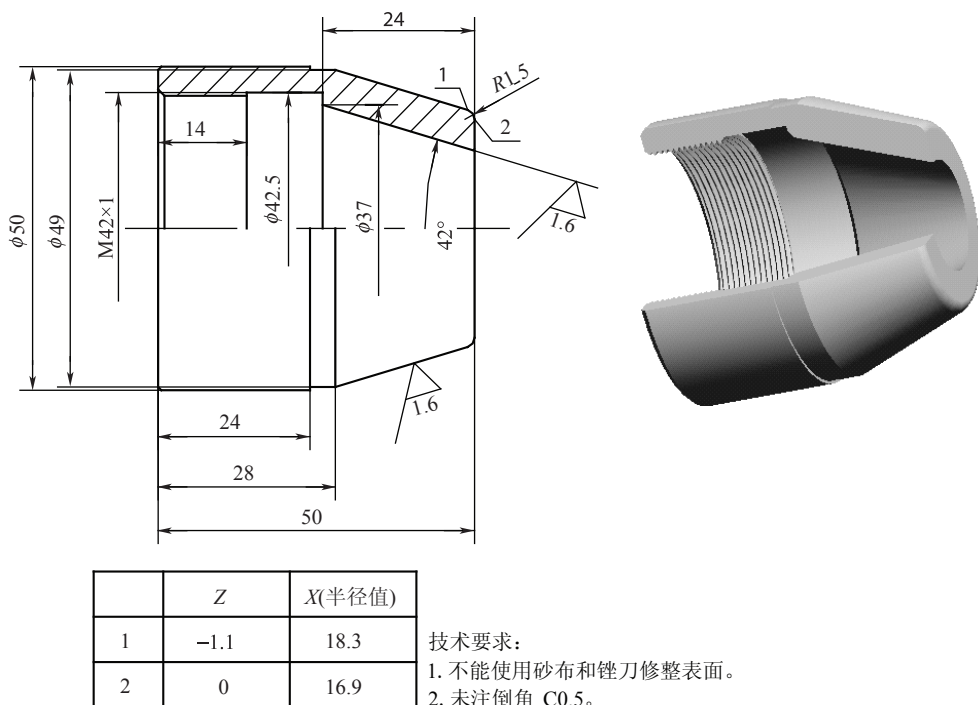


图 4-10 钻夹头锁母



三、零件加工工艺分析

1. 工艺性分析

如图 4-10 所示, 钻夹头锁母加工的形面主要有柱面、内外锥面、内螺纹等。从其使用性能分析, 夹头转动时, 要求动平衡高, 故保证其内、外表面同轴度十分重要。结合零件的使用性能及结构来考虑, 钻夹头锁母在一次安装下完成所有形面的加工, 较为合理。

2. 数值处理

由图 4-10 可知, 编程所需要的基点坐标均已给出, 只须考虑加工内螺纹 $M42 \times 1$ 时底孔的直径。

3. 毛坯选择

材料: 45#圆钢

尺寸: $\phi 55\text{mm} \times 75\text{mm}$

4. 工件装夹

采用三爪卡盘装夹, 工件伸出长度 60mm。调头装夹时, 应垫铜皮, 以防夹伤已加工表面。详见表 4-41 钻夹头锁母数控车床加工工艺简图卡。

5. 工件零点

工件零点设定在工件右端面中心处, 详见表 4-41。

表 4-41 钻夹头锁母数控车床加工工艺简图卡

装夹序号号	工 艺 简 图	工步序号及内容
I		1. 平端面
		2. 钻中心孔
		3. 用 $\phi 16\text{mm}$ 钻头钻通孔
		4. 粗车各内圆面
		5. 精车各内圆面
		6. 车内沟槽
		7. 粗、精车内螺纹
		8. 粗车外轮廓
		9. 精车外轮廓
		10. 车 $R1.5$ 圆角及切断, 控制总长



四、工艺文件

1. 钻夹头锁母数控车床加工工序卡（见表 4-42）

表 4-42 钻夹头锁母数控车床加工工序卡

单位名称	某职业学校 实习工厂	产品名称		零件名称		零件图号	
		钻夹头锁母		项目 9		SKCL09	
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备		数控系统		车间
001	00010	三爪自定心卡盘	CK6140		980T		数控车间
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (rpm)	进给量 (mm/r)	背吃刀量 (mm)	备注
1	平端面	T01	20×20	500	0.1	0.5	手动
2	钻中心孔	—	φ3A 型	500	0.1	—	手动
3	用 φ16mm 钻头钻通孔	—	φ16	500	0.1	8	手动
4	粗车各内圆面，留余量 0.5mm	T02	20×20	400	0.15	1	00010
5	精车各内圆面至要求	T02	20×20	800	0.05	0.25	00010
6	车内沟槽至要求	T04	20×20	400	0.06	4	00010
7	粗、精车内螺纹至要求	T03	20×20	400	螺距	0.1~0.4	00010
8	粗车外轮廓，留余量 0.5mm	T01	20×20	500	0.3	2	00010
9	精车外轮廓至要求	T01	20×20	1200	0.06	0.25	00010
10	车 R1.5 圆角及切断，控制总长	T04	20×20	400	0.1	4	00010
编制	审核						

2. 钻夹头锁母数控加工刀具卡（见表 4-43）

表 4-43 钻夹头锁母数控加工刀具卡

产 品 名 称		钻夹头锁母		零 件 名 称		项目 9	零 件 图 号	SKCL09
序号	刀具号	刀具名称		数量	加工表面	刀尖半径 (mm)	刀尖方位	备注
1	T01	35°硬质合金尖刀		1	粗、精车外轮廓	0.4	—	—
2	T02	镗孔车刀		1	粗、精镗内孔	0.4	—	—
3	T03	60°硬质合金内螺纹车刀		1	车内螺纹	0.1	—	—
4	T04	硬质合金切槽车刀		1	车内沟槽、外圆沟槽	0.1	—	中途须换刀
5	—	中心钻（φ3A 型）		1	钻中心孔	安装至尾座	—	—
6	—	钻头		1	钻 φ16mm 通孔	安装至尾座	—	—
编制	—	审核			批准	—		



五、 程序编制（见表 4-44 和表 4-45）

表 4-44 项目 9 参考程序（980T 系统）

程序名：O0010	程 序 说 明
O0030	
N10 M03 S400	正转，转速 400rpm
N20 M08	切削液开
N30 T0202	调 2 号内孔车刀
N40 G00 X15 Z2 G99	快速接近工件毛坯
N50 G71 U1 R1	粗车各内孔面
N60 G71 P70 Q130 U-0.5 W0.1 F0.15	
N70 G00 X42.7	进到外径精加工路线起点
N80 G01 Z0 F0.06	
N90 X40.7 Z-1	
N100 G01 Z-26	
N110 X37	
N120 X20.88 Z-50	
N130 X16	精加工路线结束
N140 G00 X100 Z150	返回起刀点
N150 M03 S800	正转，转速 800rpm
N160 T0202	调 2 号内孔刀
N170 G00 X16 Z1	
N175 G70 P70 Q130	精车内孔
N180 G00 Z150	返回换刀点
N190 X100	
N200 M03 S400	
N210 T0404	调 4 号外圆切槽刀
N215 G00 X38 Z3	
N220 G00 X38 Z-18	
N230 G75 R1	切内槽
N240 G75 X42.5 Z-26 P3000 Q3000 F0.06	
N270 G00 Z150	返回起刀点
N275 X100	
N280 T0303	调 3 号螺纹车刀
N285 G00 X38 Z3	
N290 G76 P020060 Q100 R0.05	车 M42×1 的内螺纹
N300 G76 X42 Z-16 P650 Q350 F1	
N310 G00 Z150	
N320 X100	
N330 M03 S500	
N340 T0101	
N350 G00 X55 Z2	
N360 G73 U9 W0.1 R0.009	外圆粗车循环指令 G73
N370 G73 P380 Q460 U0.5 W0.1 F0.3	
N380 G00 X49	进到外径精加工路线起点
N390 G01 Z0 F0.06	



续表

程序名: 00010	程序说明
N400 X50 Z-0.5 N410 Z-24 N420 X49 Z-24.5 N430 Z-28 N440 G01 X36.6 Z-48.9 N455 Z-55 N460 X50 N470 G00 X100 Z100 N400 M03 S1000 N410 T0101 N420 G00 X55 Z1 N430 G70 P380 Q460 N430 G00 X100 Z100 N440 M03 S400 N450 T0404 N460 G00 X55 Z-52.9 N470 G01 X36.6 F0.1 N480 G03 X33.8 W-1.1 R1.5 N490 G01 X30 Z-54 N500 G00 X100 N510 Z100 N520 T0100 M05 N530 M30	精加工路线结束 调1号外圆尖刀 精车外圆 调4号外圆切断刀 倒R1.5的圆角 切断 返回起刀点 停主轴 程序结束

表 4-45 项目9 参考程序 (华中系统)

程序名: 00010	程序说明
%0010 N10 M03 S400 N20 M08 N30 T0202 N40 G00 X15 Z2 G95 N50 G71 U1 R1 P110 Q170 X-0.5 Z0.1 F0.15 N70 G00 X100 Z150 N80 M03 S800 N90 T0202 N100 G00 X16 Z1 N110 G00 X42.7 N120 G01 Z0 F0.06 N130 X40.7 Z-1 N140 G01 Z-26 N150 X37 N160 X20.88 Z-50	正转, 转速 400rpm 切削液开 调2号内孔车刀 快速接近工件毛坯 粗车各内孔面指令 G71 返回起刀点 主轴正转 800rpm 调2号内孔刀 进到外径精加工路线起点



续表

程序名: O0010	程序说明
N170 X16	精加工路线结束
N180 G00 Z150	返回起刀点
N190 X100	
N200 M03 S400	
N210 T0404	调 4 号内槽刀 (刀宽 4mm)
N215 G00 X38 Z3	
N220 G00 X30 Z-18	N220 ~ N330 为切内槽程序
N230 G01 X42.5 F0.1	
N240 X38	
N250 W-3.5	
N260 X42.5	
N270 X38	
N280 W-3.5	
N290 X42.5	
N300 X38	
N310 W-1	
N320 X42.5	
N330 X16	
N340 G00 X100 Z150	返回起刀点
N350 T0303	调内螺纹刀
N355 G00 X38 Z35	
N360 G76 C02 A60 X42 Z-18 K0.65 U0.1 V0.1 Q0.35 F1	车 M42×1 的内螺纹
N380 G00 Z150	
N390 X100	
N400 M03 S500	
N410 T0101	调 1 号外圆尖刀
N420 G00 X55 Z2	
N430 G73 U9 W0.1 R9 P490 Q570 X0.5 Z0.1 F0.3	粗车外圆指令 G73
N450 G00 X100 Z100	
N460 M03 S1000	
N470 T0101	调 1 号外圆尖刀
N480 G00 X55 Z1	
N490 G00 X49	进到外径精加工路线起点
N500 G01 Z0 F0.06	
N510 X50 Z-0.5	
N520 Z-24	
N530 X49 Z-24.5	
N540 Z-28	
N550 G01 X36.8 Z-48.9	
N565 Z-55	
N570 X50 F0.3	精加工路线结束
N580 G00 X100 Z100	
N590 M03 S400	
N600 T0404	调 4 号外圆切断刀, 中途须换刀, 刀宽 4mm
N610 G00 X55 Z-52.9	
N620 G01 X36.6 F0.1	
N630 G03 X33.8 Z-54 R1.5	倒 R1.5 的圆角
N640 G01 X30 Z-54	切断
N660 G00 X100	返回起刀点
N670 Z100	
N680 T0100 M05	停主轴
N690 M30	程序结束



六、操作实训

- ① 录入程序并按要求模拟校验程序。
- ② 对刀并按要求输入工件零点和刀具补偿量等参数。
- ③ 单步加工，试切削，测量后通过修改程序或刀补来控制精度。
- ④ 自动运行加工。
- ⑤ 检验工件尺寸是否合格。
- ⑥ 加工完毕清扫并保养机床。

七、注意事项

- ① 注意螺纹刀的对刀精度，以免加工出的螺纹不合格。
- ② 零件调头加工时要注意装夹的位置，装夹已加工表面时，要包好铜皮。



想一想

- ① 加工内螺纹时，如何确定其底孔直径？
- ② 保证内、外轮廓的同轴度精度有哪几种方法？本项目实例中，使用了哪种方法？

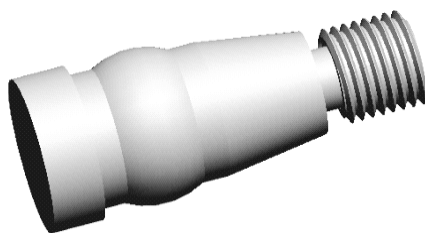
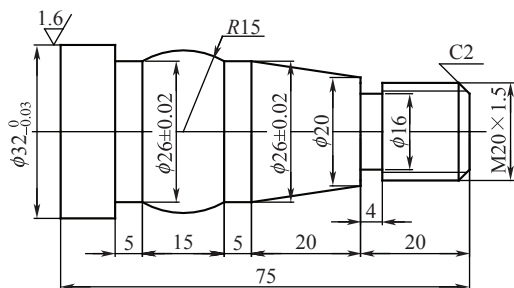
4.2 项目考核

考核项目1 螺纹圆锥轴加工

1. 考核要求

- ① 毛坯： $\phi 40\text{mm} \times 90\text{mm}$ 棒料。
- ② 时间定额：2 小时。
- ③ 考核内容：数控车削加工工艺分析，填写数控车床工艺简卡，程序编制，刀具、量具的选用和工件的安装，尺寸公差、形位公差、表面粗糙度符合图样的要求，不得以手工方式加工工件，手工去毛刺。
- ④ 安全生产：严格执行数控车床操作规程，遵守实习现场的各项规章制度，服从教师的安排及合理的调配。做到文明生产，使用的工具按要求取用和放置，设备使用过程中保持良好的操作习惯，注意设备的润滑，完成作业后要保养设备并及时打扫实习场地。

2. 螺纹圆锥轴（如图 4-11 所示）

其余 $\sqrt{3.2}$ 

技术要求:

1. 不能使用砂布或锉刀修整表面。
2. 未注倒角C0.5。

图 4-11 螺纹圆锥轴

3. 填写加工工艺简卡 (见表 4-46)

表 4-46 考核项目 1 数控车床加工工艺简卡

数控车床加工工艺简卡			
工序名称	工艺简图: (1) 标明定位、装夹位置 (2) 标明程序原点和对刀点	工步序号及内容	刀具号 及名称



4. 螺纹圆锥轴评分标准 (见表 4-47)

表 4-47 考核项目 1 评分标准

考核项目	考核内容及要求		配 分	评 分 标 准	检 测 结 果		得 分
					学 生	教 师	
工艺分析	填写工序卡, 工艺不合理, 视情况扣分 (1) 工件定位和夹紧不合理 (2) 加工顺序不合理 (3) 刀具选择不合理 (4) 关键工序错误		10	每违反一条扣 1 分, 扣完为止			
程序编制	(1) 指令正确, 程序完整 (2) 运用刀具半径和长度补偿功能 (3) 数值计算正确, 程序编写表现出一定的技巧, 简化计算和加工程序		15	每违反一条扣 1 ~ 5 分, 扣完为止			
外圆	$\phi 32$	IT	8	超差 0.01 扣 1 分			
	$\phi 26$	Ra	2	降级不得分			
		IT	8	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
圆锥面	$\phi 26$ 、 $\phi 20$	IT	10	超差不得分			
		Ra	2	降级扣 1 分			
外螺纹	M20 \times 1.5	IT	10	不合格不得分			
		Ra	2	降一级扣 1 分			
长度	5、5、15、20、20	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
	75	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
圆弧	R10	IT	5	R 规检验			
		Ra	1	降一级扣 1 分			
槽	4 \times $\phi 16$	IT	4	超差不得分			
		Ra	1	降一级扣 1 分			
安全文明生产	符合国家颁布的安全生产法规		10	每违反一条扣 1 分, 扣完为止			

考核项目 2 特形面圆锥轴

1. 考核要求

① 毛坯: $\phi 40\text{mm} \times 80\text{mm}$ 棒料。

② 时间定额: 2 小时。

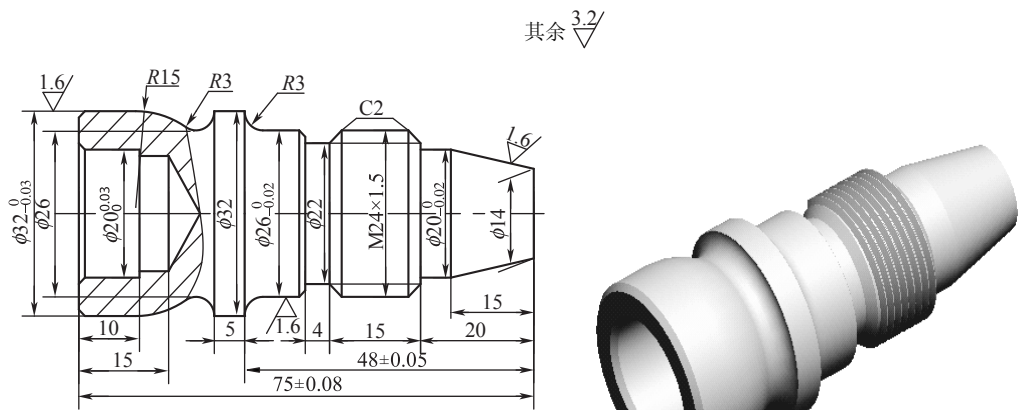
③ 考核内容: 数控车削加工工艺分析, 填写数控车床工艺简卡, 程序编制, 刀具、量具的选用和工件的安装, 尺寸公差、形位公差、表面粗糙度符合图样的要求, 不得以手工方式加工工件, 手工去毛刺。

④ 安全生产: 严格执行数控车床操作规程, 遵守实习现场的各项规章制度, 服从教师



的安排及合理的调配。做到文明生产，使用的工具按要求取用和放置，设备使用过程中保持良好的操作习惯，注意设备的润滑，完成作业后要保养设备并及时打扫实习场地。

2. 特形面圆锥轴（如图 4-12 所示）



- 技术要求：
- 1. 不能使用砂布或锉刀修整表面。
 - 2. 未注倒角 C1。

图 4-12 特形面圆锥轴

3. 填写加工工艺简卡（见表 4-48）

表 4-48 考核项目 2 数控车床加工工艺简卡

数控车床加工工艺简卡			
工序名称	工艺简图： (1) 标明定位、装夹位置 (2) 标明程序原点和对刀点	工步序号及内容	刀具号 及名称



4. 特形面圆锥轴评分标准 (见表 4-49)

表 4-49 考核项目 2 评分标准

考核项目	考核内容及要求		配 分	评 分 标 准	检 测 结 果		得 分
					学 生	教 师	
工艺分析	填写工序卡, 工艺不合理, 视情况扣分 (1) 工件定位和夹紧不合理 (2) 加工顺序不合理 (3) 刀具选择不合理 (4) 关键工序错误		5	每违反一条扣 1 分, 扣完为止			
程序编制	(1) 指令正确, 程序完整 (2) 运用刀具半径和长度补偿功能 (3) 数值计算正确, 程序编写表现出一定的技巧, 简化计算和加工程序		15	每违反一条扣 1~5 分, 扣完为止			
外圆	$\phi 32$	IT	8	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
	$\phi 26$ 、 $\phi 20$	IT	8	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
圆锥面	$\phi 20$ 、 $\phi 14$ 、15	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级扣 2 分			
外螺纹	M24 \times 1.5	IT	10	不合格不得分			
		Ra	2	降一级扣 1 分			
长度	48、20、15、5、10	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
	75	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
圆弧	R15、R3 (两处)	IT	3	R 规检验			
		Ra	3	降一级不得分			
槽	4 \times $\phi 22$	IT	4	超差不得分			
		Ra	1	降一级扣 1 分			
内孔	$\phi 20$	IT	8	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降一级扣 1 分			
安全文明生产	符合国家颁布的安全生产法规		10	每违反一条酌情扣 1 分, 扣完为止			

考核项目 3 凹弧双头螺纹轴

1. 考核要求

① 毛坯: $\phi 40\text{mm} \times 80\text{mm}$ 棒料。

② 时间定额: 2 小时。

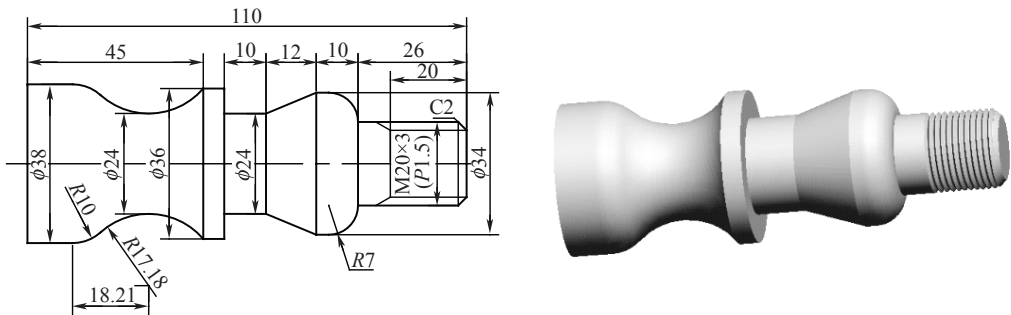
③ 考核内容: 数控车削加工工艺分析, 填写数控车床工艺简卡, 程序编制, 刀具、量具的选用和工件的安装, 尺寸公差、形位公差、表面粗糙度符合图样的要求, 不得以手工方



式加工工件，手工去毛刺。

④ 安全生产：严格执行数控车床操作规程，遵守实习现场的各项规章制度，服从教师的安排及合理的调配。做到文明生产，使用的工具按要求取用和放置，设备使用过程中保持良好的操作习惯，注意设备的润滑，完成作业后要保养设备并及时打扫实习场地。

2. 凹弧双头螺纹轴（如图 4-13 所示）



- 技术要求：
1. 不能使用纱布和锉刀修整表面。
 2. 未注倒角 C0.5。

图 4-13 凹弧双头螺纹轴

3. 填写加工工艺简卡（见表 4-50）

表 4-50 考核项目 3 数控车床加工工艺简卡

数控车床加工工艺简卡			
工序名称	工艺简图： (1) 标明定位、装夹位置 (2) 标明程序原点和对刀点	工步序号及内容	刀具号 及名称



4. 凹弧双头螺纹轴评分标准 (见表 4-51)

表 4-51 考核项目 3 评分标准

考核项目	考核内容及要求		配 分	评 分 标 准	检 测 结 果		得 分
					学 生	教 师	
工艺分析	填写工序卡, 工艺不合理, 视情况扣分 (1) 工件定位和夹紧不合理 (2) 加工顺序不合理 (3) 刀具选择不合理 (4) 关键工序错误		10	每违反一条扣 1 分, 扣完为止			
程序编制	(1) 指令正确, 程序完整 (2) 运用刀具半径和长度补偿功能 (3) 数值计算正确, 程序编写表现出一定的技巧, 简化计算和加工程序		15	每违反一条酌情扣 1 ~ 5 分, 扣完为止			
外圆	$\phi 38 \pm 0.02$	IT	8	超差 0.01 扣 2 分			
		Ra	2	降级不得分			
	$\phi 36 \pm 0.02$ 、 $\phi 34 \pm 0.02$	IT	12	超差 0.01 扣 2 分			
		Ra	4	降级不得分			
外螺纹	M20 × 3 (P1.5)、 倒角 C2	IT	12	不合格不得分			
		Ra	2	降一级扣 2 分			
长度	45、10、12、26、20	IT	6	超差 0.01 扣 1 分			
	110	IT	6	超差 0.01 扣 1 分			
圆弧	R10、R17.18、R7	IT	3	R 规检验			
		Ra	3	降一级不得分			
槽	10 × $\phi 24$	IT	5	超差不得分			
		Ra	2	降一级扣 1 分			
安全文明生产	符合国家颁布的安全生产法规		10	每违反一条扣 1 分, 扣完为止			

考核项目 4 锥孔圆锥轴套

1. 考核要求

① 毛坯: $\phi 40\text{mm} \times 70\text{mm}$ 棒料。

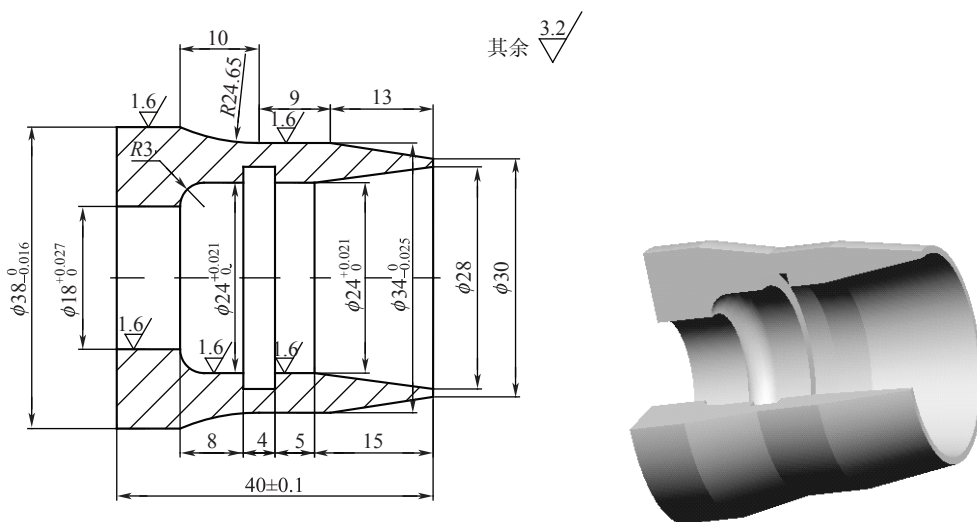
② 时间定额: 3 小时。

③ 考核内容: 数控车削加工工艺分析, 填写数控车床工艺简卡, 程序编制, 刀具、量具的选用和工件的安装, 尺寸公差、形位公差、表面粗糙度符合图样的要求, 不得以手工方式加工工件, 手工去毛刺。

④ 安全生产: 严格执行数控车床操作规程, 遵守实习现场的各项规章制度, 服从教师的安排及合理的调配。做到文明生产, 使用的工具按要求取用和放置, 设备使用过程中保持良好的操作习惯, 注意设备的润滑, 完成作业后要保养设备并及时打扫实习场地。



2. 锥孔圆锥轴套（如图 4-14 所示）



技术要求：

1. 不能使用砂布和锉刀修整表面。
2. 未注倒角 C0.5。

图 4-14 锥孔圆锥轴套

3. 填写加工工艺简卡（见表 4-52）

表 4-52 考核项目 4 数控车床加工工艺简卡

数控车床加工工艺简卡			
工序名称	工艺简图： (1) 标明定位、装夹位置 (2) 标明程序原点和对刀点	工步序号及内容	刀具号 及名称



4. 锥孔圆锥轴套评分标准 (见表 4-53)

表 4-53 考核项目 4 评分标准

考核项目	考核内容及要求		配 分	评 分 标 准	检 测 结 果		得 分
					学 生	教 师	
工艺分析	填写工序卡, 工艺不合理, 视情况扣分 (1) 工件定位和夹紧不合理 (2) 加工顺序不合理 (3) 刀具选择不合理 (4) 关键工序错误		10	每违反一条扣 1 分。扣完为止			
程序编制	(1) 指令正确, 程序完整 (2) 运用刀具半径和长度补偿功能 (3) 数值计算正确, 程序编写表现出一定的技巧, 简化计算和加工程序		15	每违反一条酌情扣 1 ~ 5 分, 扣完为止			
内孔	$\phi 18$	IT	7	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
	$\phi 24$	IT	7	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
内锥度	$\phi 28$	IT	8	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
内圆弧	R3	IT	3	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
内槽	4 × 2	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降一级扣 1 分			
外圆	$\phi 38$	IT	7	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
外圆	$\phi 34$	IT	7	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
长度	5、15、9、10、13	IT	5	超差 0.02 扣 1 分			
	40	IT	2	超差 0.02 扣 1 分			
安全文明生产	符合国家颁布的 安全生产法规		10	每违反一条扣 1 分, 扣完为止			

考核项目 5 碗形薄壁轴套

1. 考核要求

① 毛坯: $\phi 40\text{mm} \times 70\text{mm}$ 棒料。

② 时间定额: 3 小时。

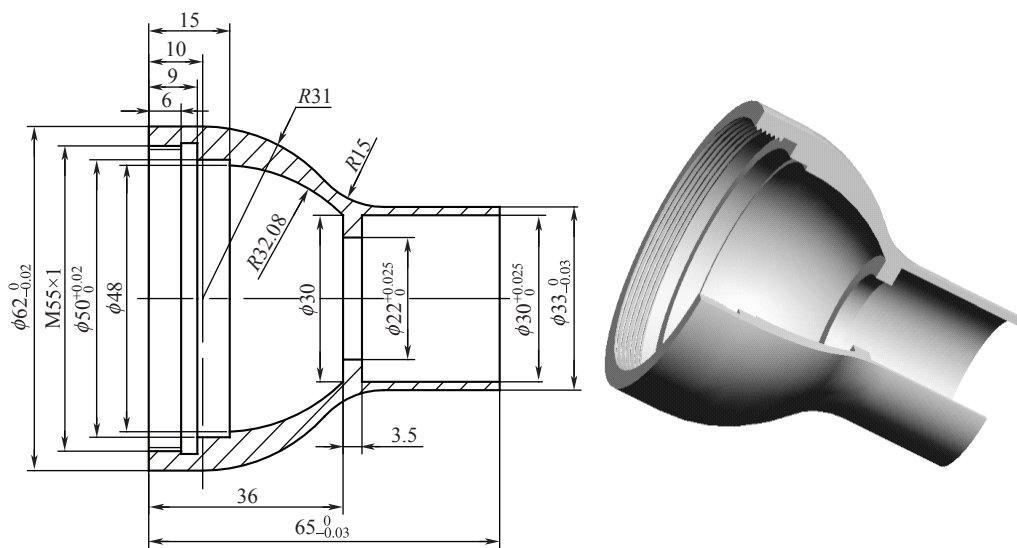
③ 考核内容: 数控车削加工工艺分析, 填写数控车床工艺简卡, 程序编制, 刀具、量具的选用和工件的安装, 尺寸公差、形位公差、表面粗糙度符合图样的要求, 不得以手工方



式加工工件，手工去毛刺。

④ 安全生产：严格执行数控车床操作规程，遵守实习现场的各项规章制度，服从教师的安排及合理的调配。做到文明生产，使用的工具按要求取用和放置，设备使用过程中保持良好的操作习惯，注意设备的润滑，完成作业后要保养设备并及时打扫实习场地。

2. 碗形薄壁轴套（如图 4-15 所示）



技术要求：

1. 不能使用砂布和锉刀修整表面。
2. 未注倒角 C0.5。

图 4-15 碗形薄壁轴套

3. 填写加工工艺简卡（见表 4-54）

表 4-54 考核项目 5 数控车床加工工艺简卡

数控车床加工工艺简卡			
工序名称	工艺简图： (1) 标明定位、装夹位置 (2) 标明程序原点和对刀点	工步序号及内容	刀具号 及名称



4. 碗形薄壁轴套评分标准 (见表 4-55)

表 4-55 考核项目 5 评分标准

考核项目	考核内容及要求		配 分	评 分 标 准	检 测 结 果		得 分
					学 生	教 师	
工艺分析	填写工序卡, 工艺不合理, 视情况扣分 (1) 工件定位和夹紧不合理 (2) 加工顺序不合理 (3) 刀具选择不合理 (4) 关键工序错误		10	每违反一条扣 1 分, 扣完为止			
程序编制	(1) 指令正确, 程序完整 (2) 运用刀具半径和长度补偿功能 (3) 数值计算正确, 程序编写表现出一定的技巧, 简化计算和加工程序		15	每违反一条酌情扣 1 ~ 5 分, 扣完为止			
内孔	$\phi 50$	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
	$\phi 30$	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
	$\phi 22$	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
内槽	$\phi 38 \times 3$	IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降一级扣 1 分			
外圆	$\phi 62$	IT	8	超差 0.01 扣 1 分			
	$\phi 33$	Ra	2	降级不得分			
		IT	5	超差 0.01 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
内螺纹	M55 \times 1	IT	10	塞规检验			
		Ra	2	降级不得分			
长度	6、15、36、65	IT	4	超差 0.02 扣 1 分			
圆弧	R15、R31	IT	4	超差 0.05 扣 1 分			
		Ra	2	降级不得分			
安全文明生产	符合国家颁布的安全生产法规		10	每违反一条扣 1 分, 扣完为止			

4.3 项目练习

项目练习 1 如图 4-16 所示。

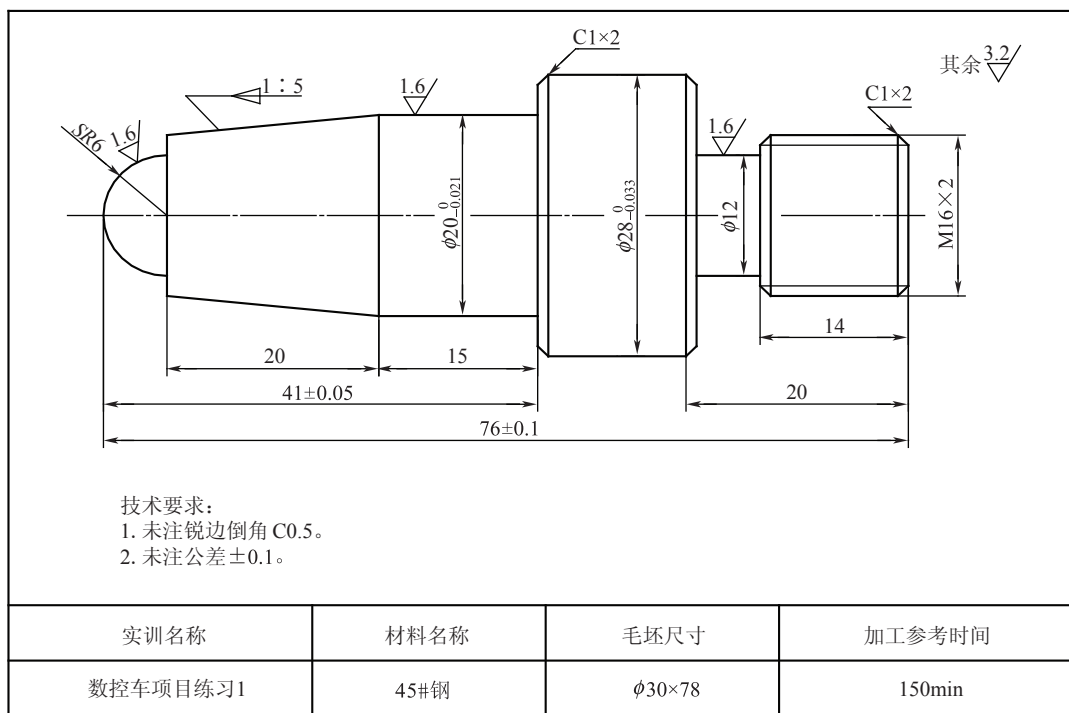


图 4-16 项目练习 1

项目练习 2 如图 4-17 所示。

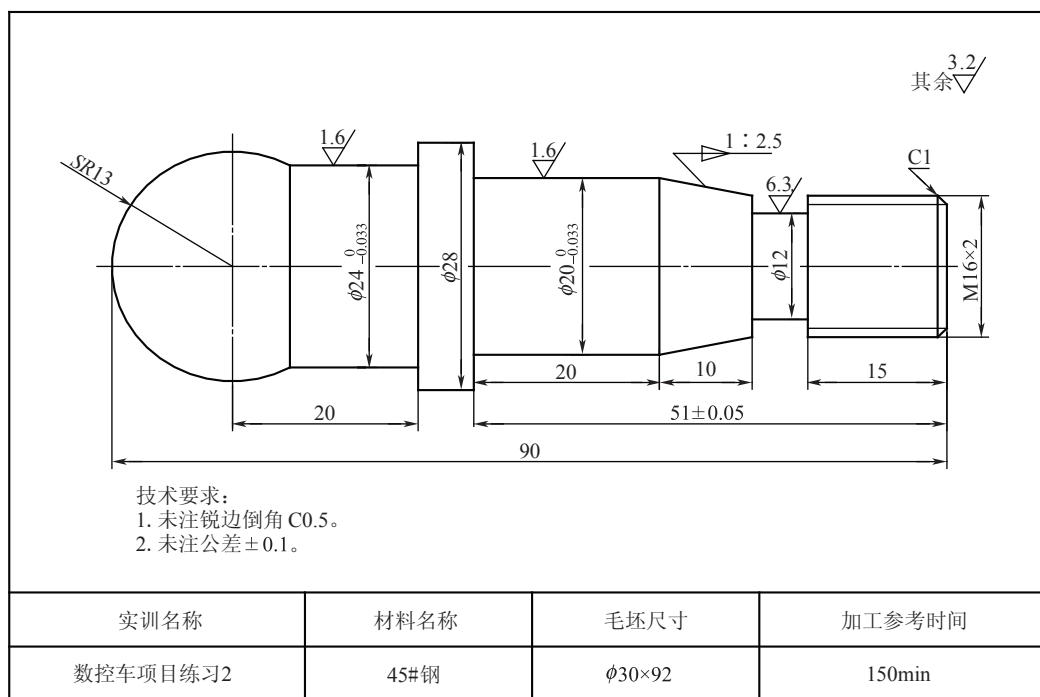


图 4-17 项目练习 2



项目练习 3 如图 4-18 所示。

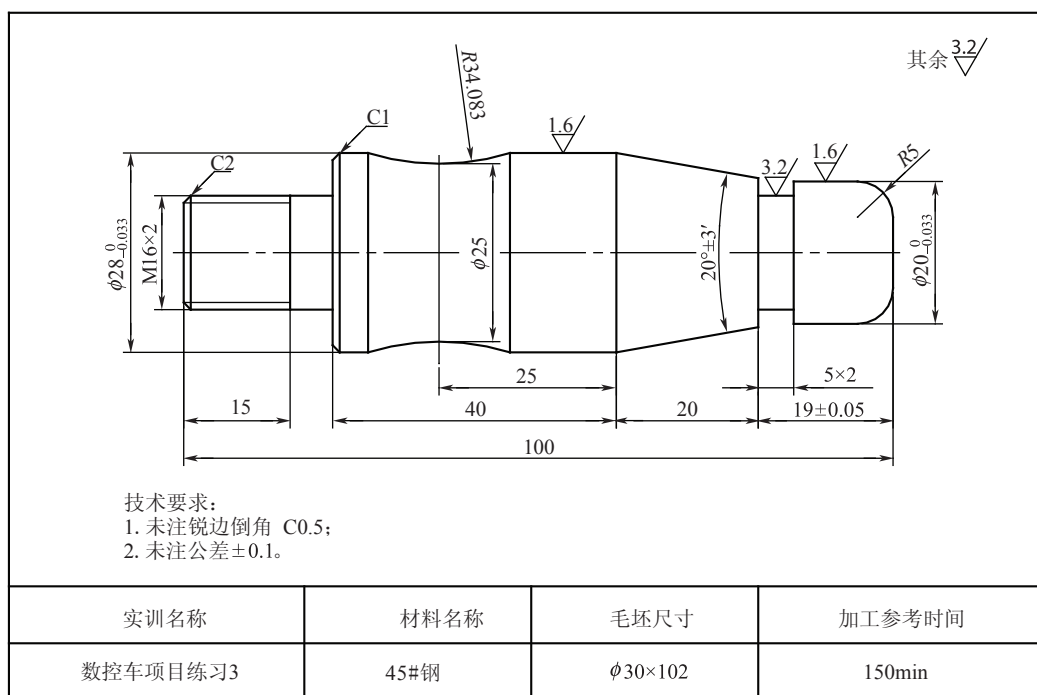


图 4-18 项目练习 3

项目练习 4 如图 4-19 所示。

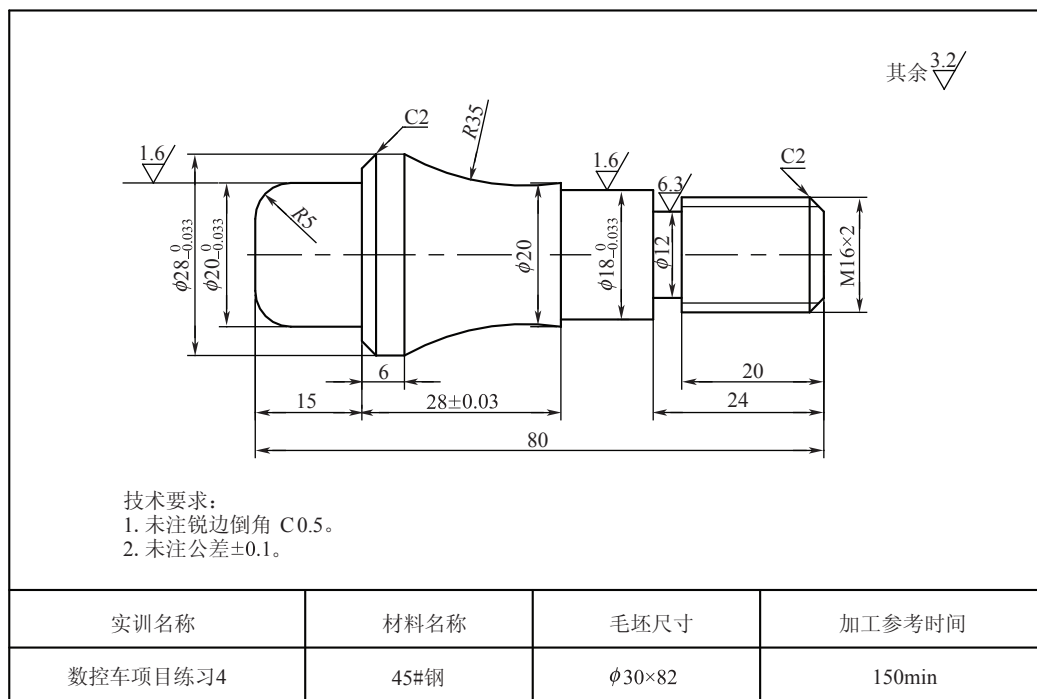


图 4-19 项目练习 4



项目练习 5 如图 4-20 所示。

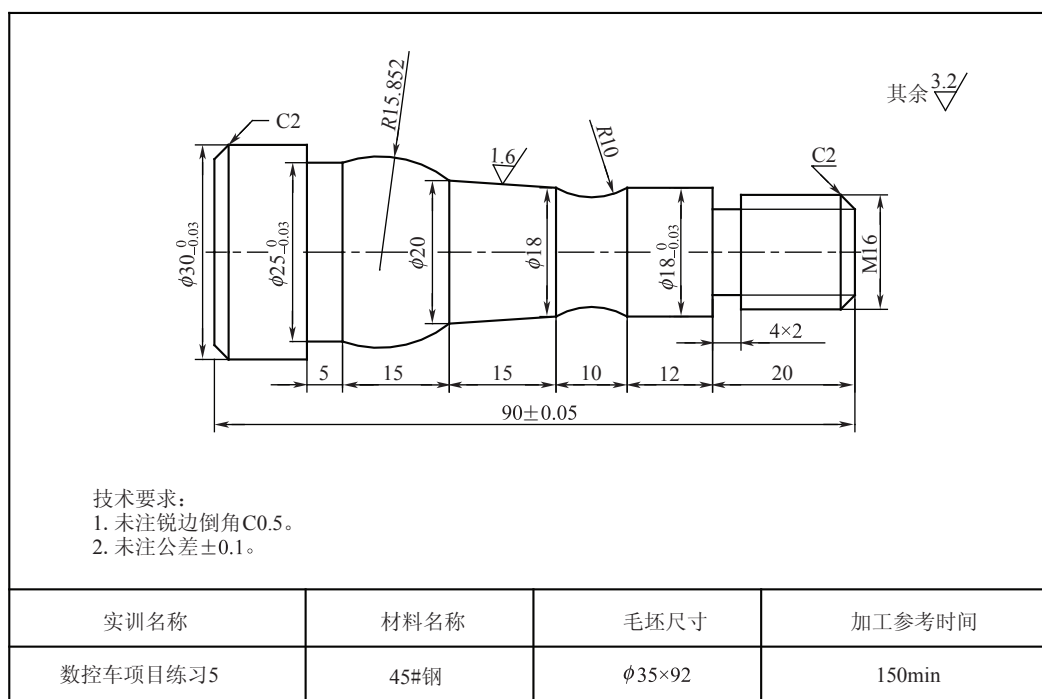


图 4-20 项目练习 5

项目练习 6 如图 4-21 所示。

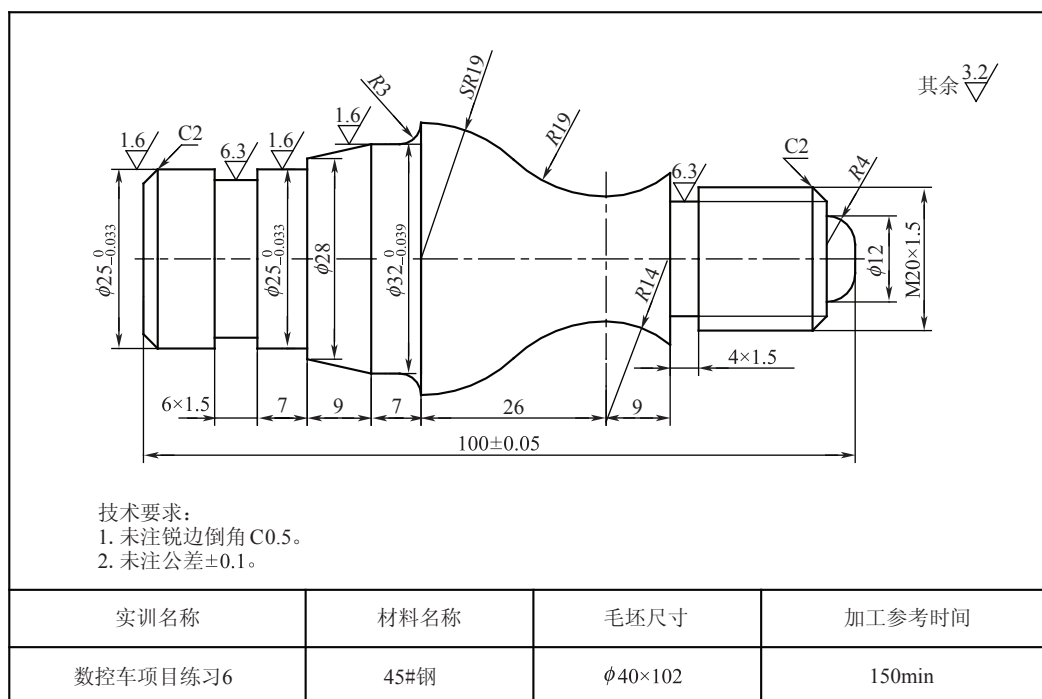


图 4-21 项目练习 6



项目练习 7 如图 4-22 所示。

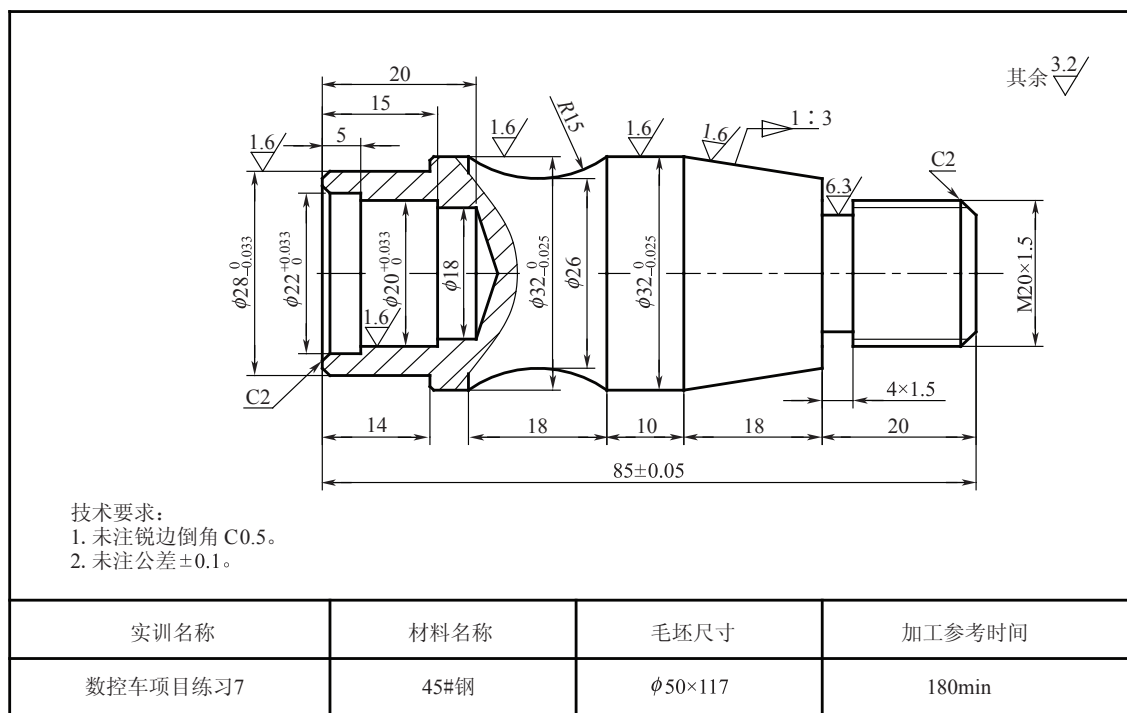


图 4-22 项目练习 7

项目练习 8 如图 4-23 所示。

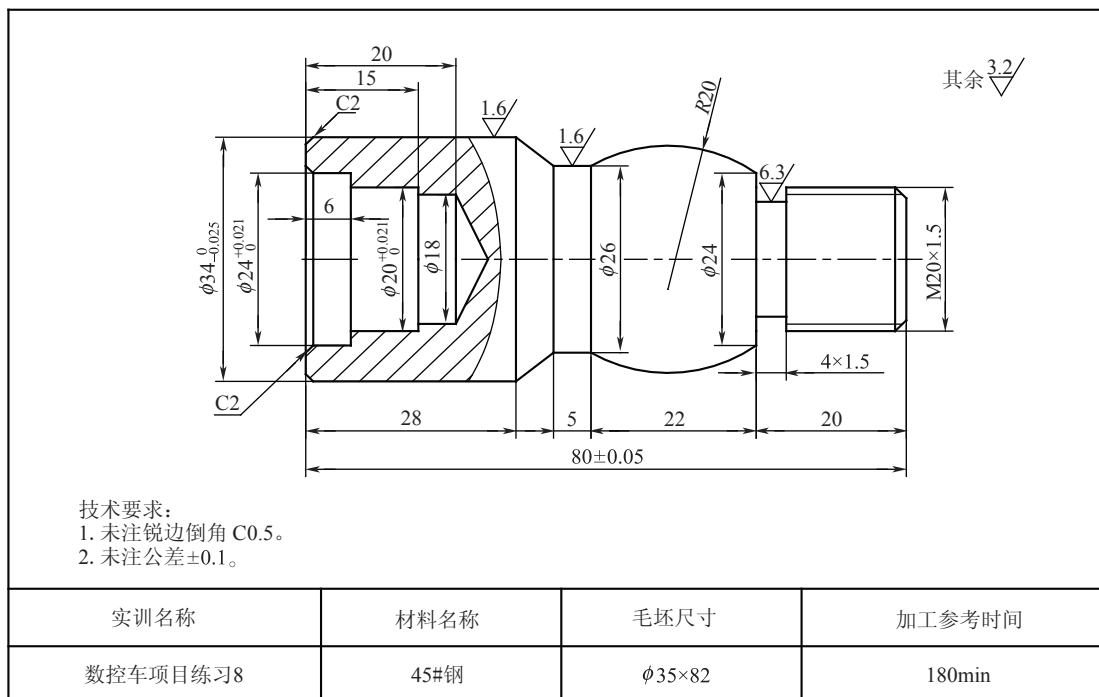


图 4-23 项目练习 8



项目练习 9 如图 4-24 所示。

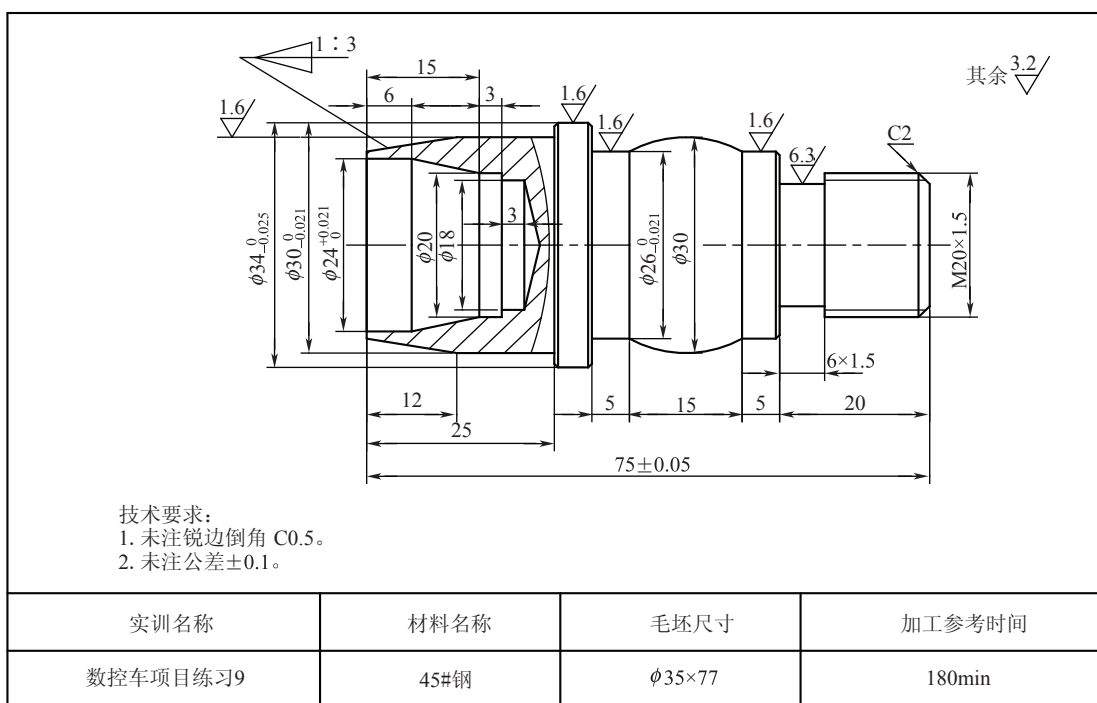


图 4-24 项目练习 9

项目练习 10 如图 4-25 所示。

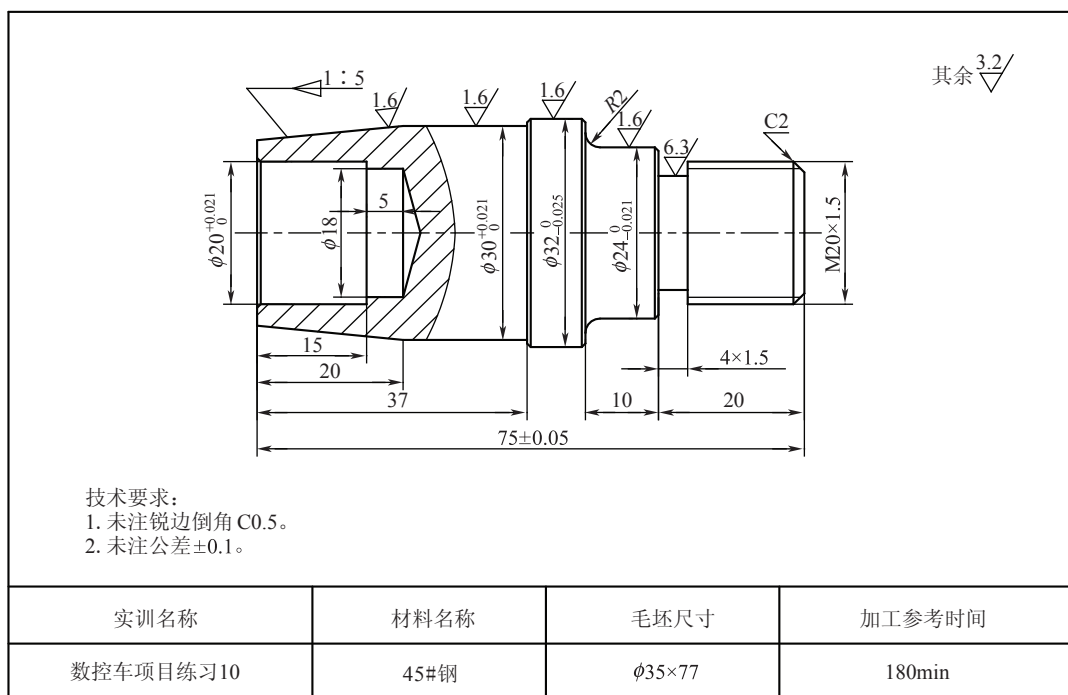


图 4-25 项目练习 10



项目练习 11 如图 4-26 所示。

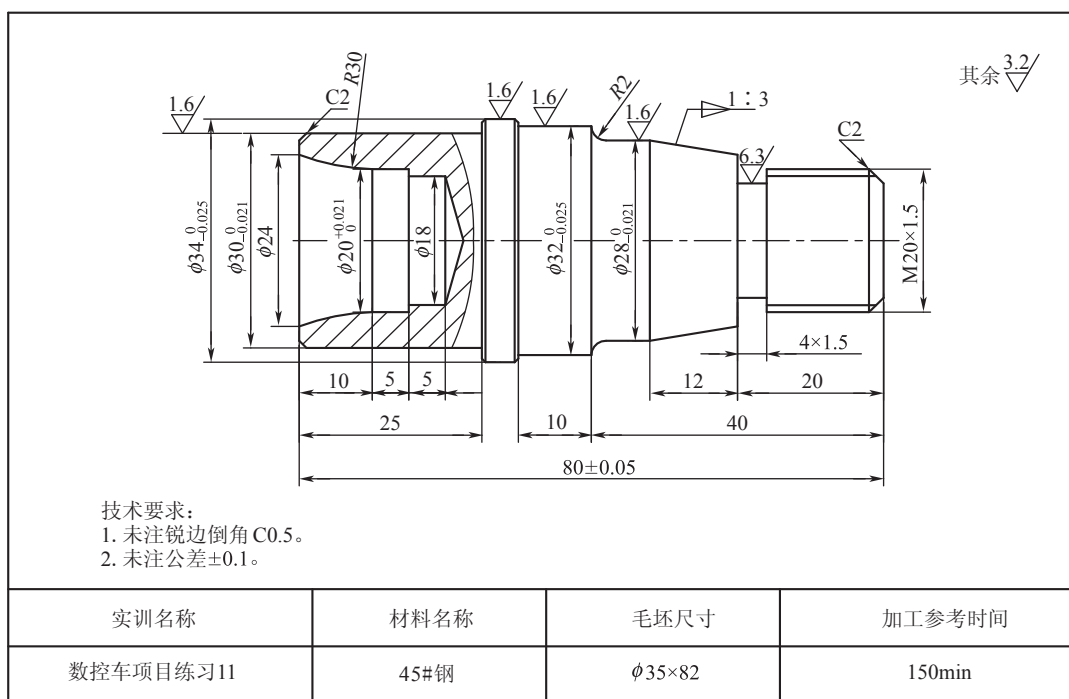


图 4-26 项目练习 11

项目练习 12 如图 4-27 所示。

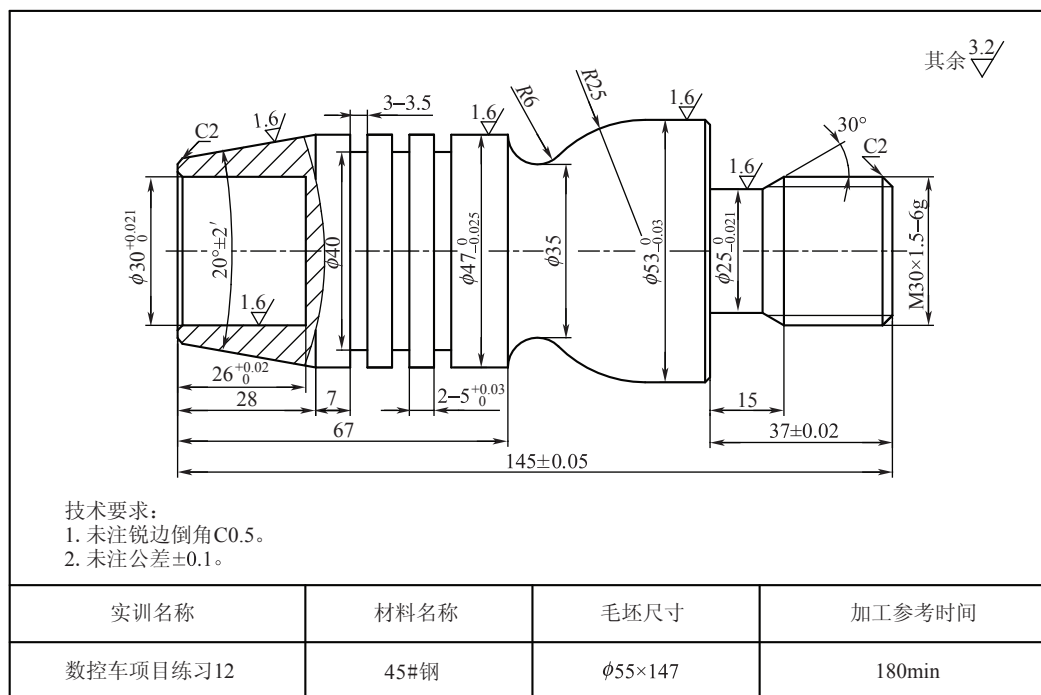


图 4-27 项目练习 12



项目练习 13 如图 4-28 所示。

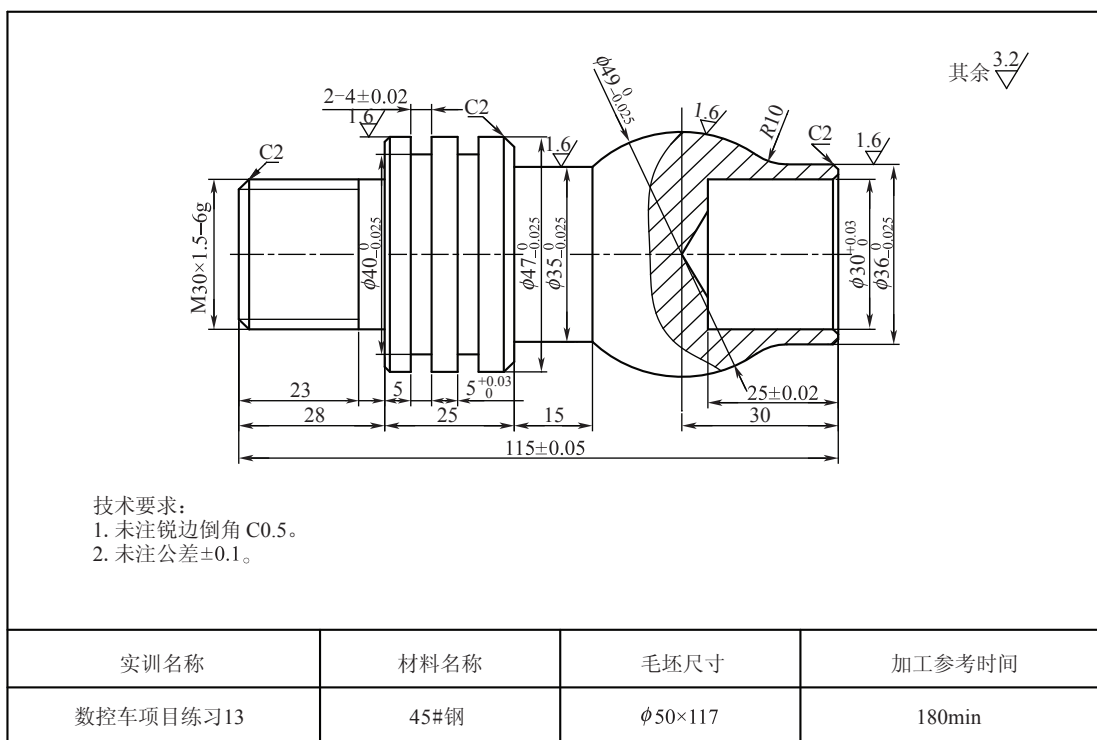


图 4-28 项目练习 13

第 5 章

数控车工技能竞赛操作试题选集

项目 1 曲线特形面螺纹轴如图 5-1 所示。

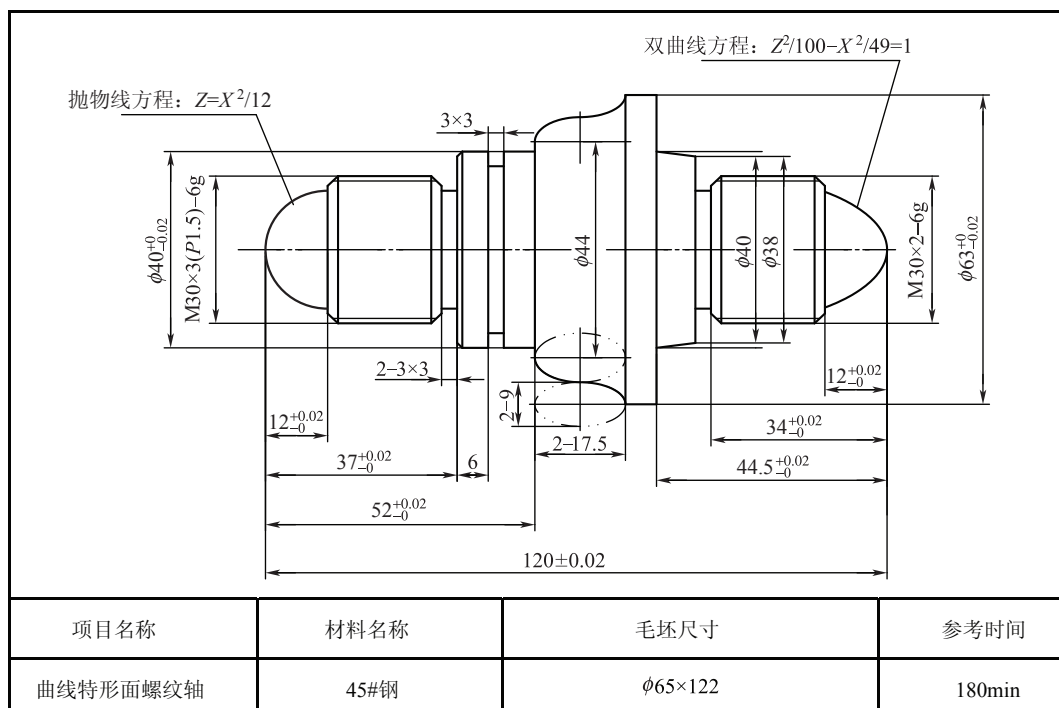


图 5-1 曲线特形面螺纹轴



项目2 锥面开槽特形面轴如图5-2所示。

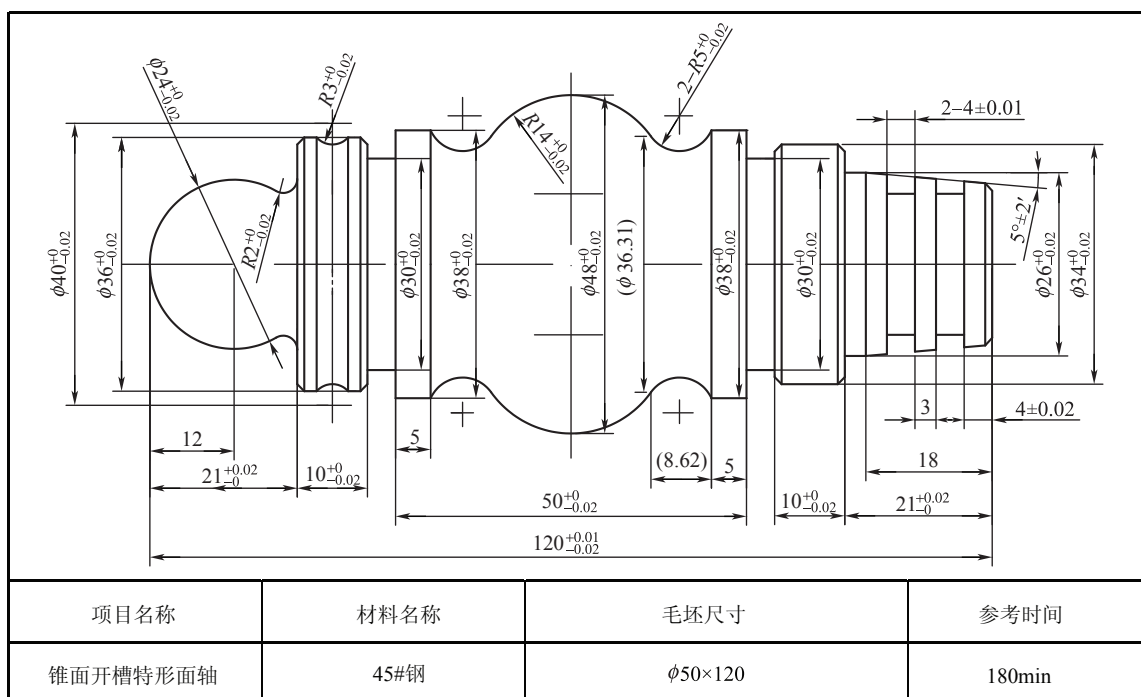


图5-2 锥面开槽特形面轴

项目3 内外锥面螺纹轴如图5-3所示。

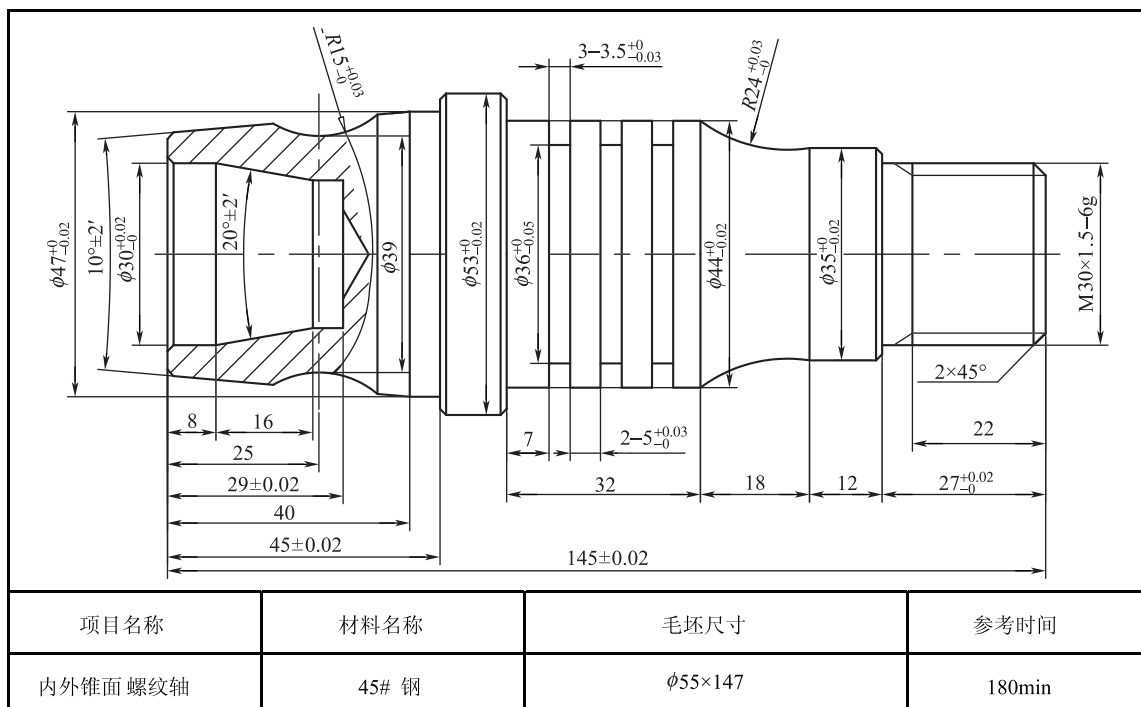


图5-3 内外锥面螺纹轴



项目4 倒锥特形面螺纹轴如图5-4所示。

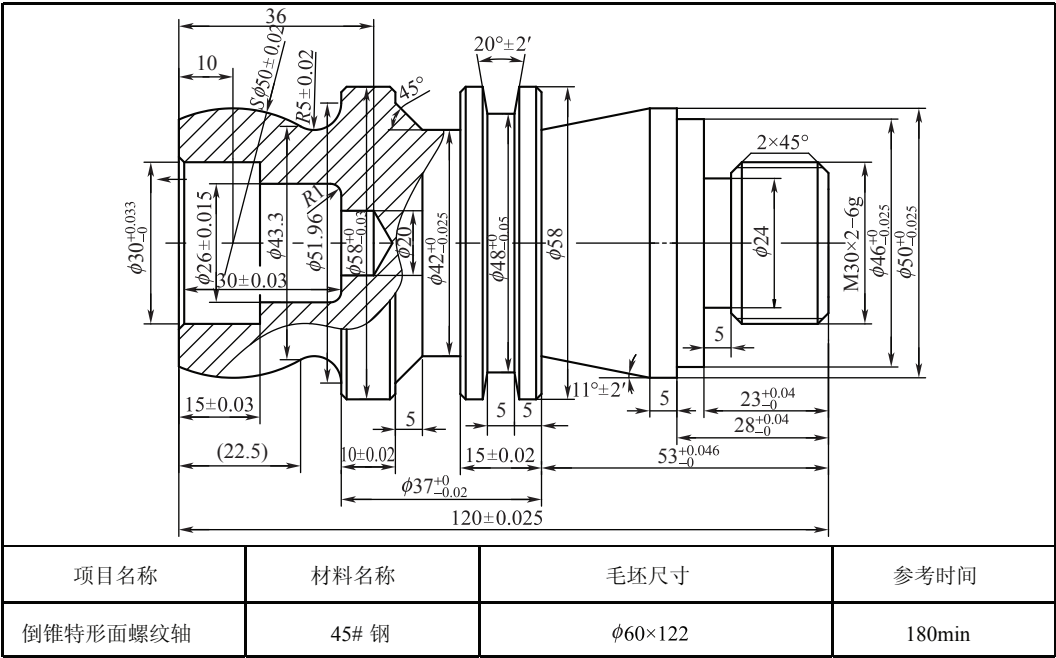


图5-4 倒锥特形面螺纹轴

项目5 薄壁芯轴配合2件套如图5-5、图5-6和图5-7所示。

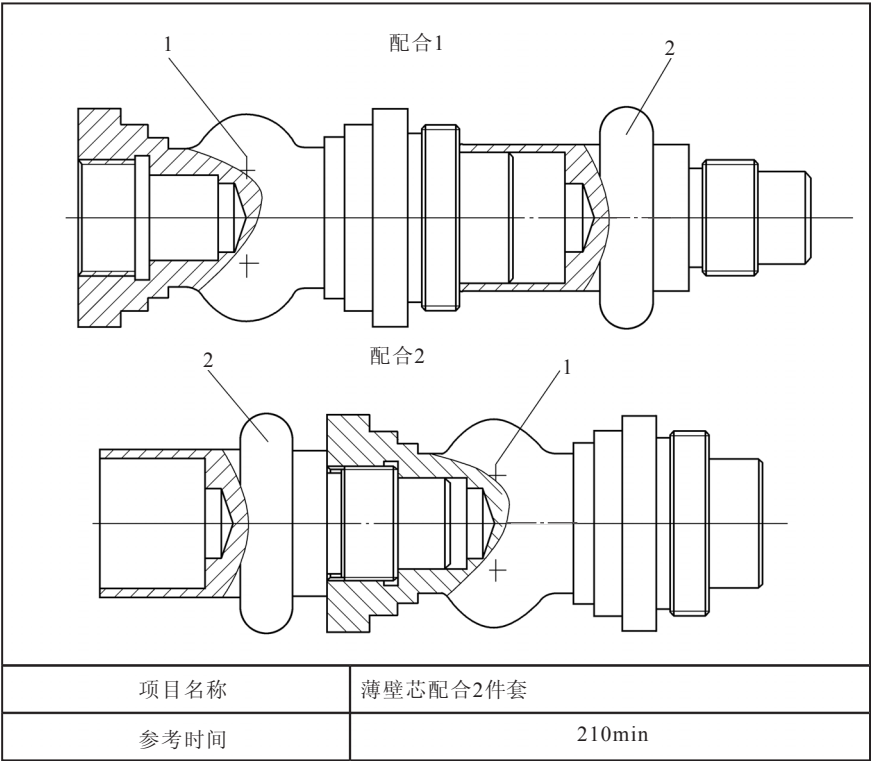


图5-5 项目5 装配图

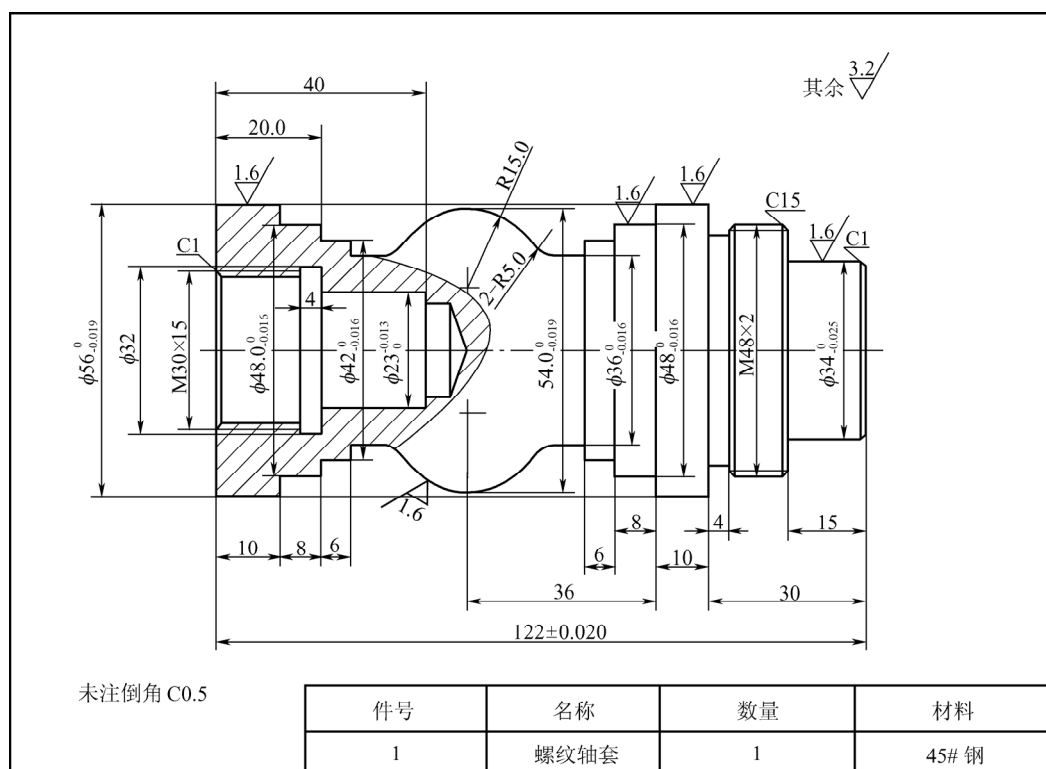


图 5-6 项目 5 (件 1)

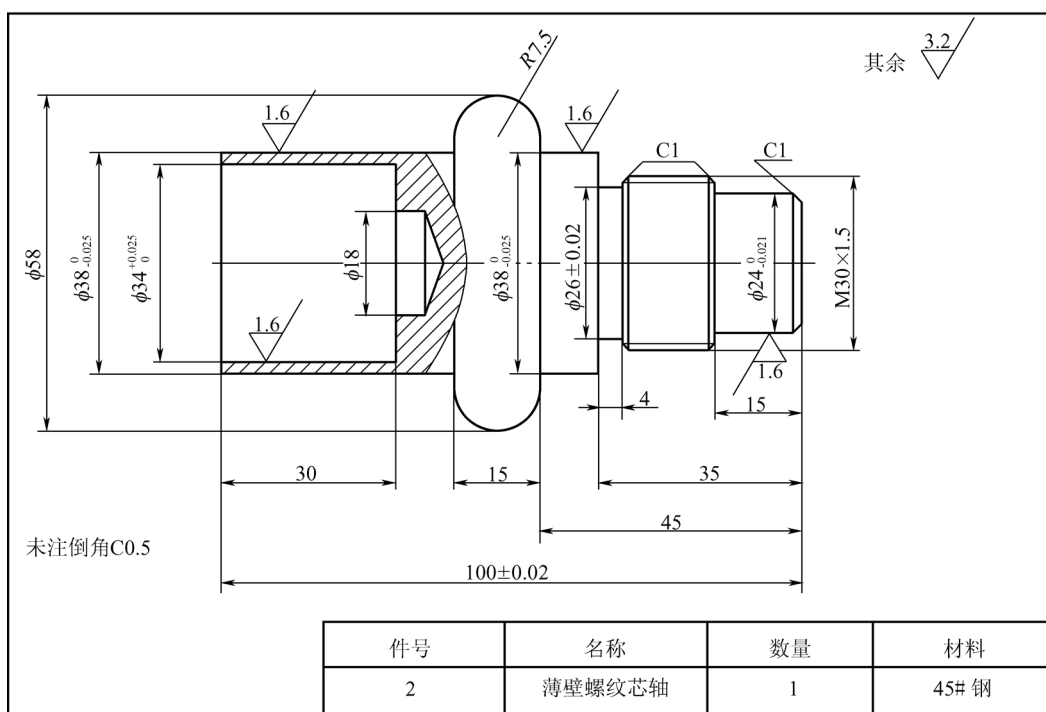


图 5-7 项目 5 (件 2)



项目6 矩形螺纹锥套4件套如图5-8、图5-9和图5-10所示。

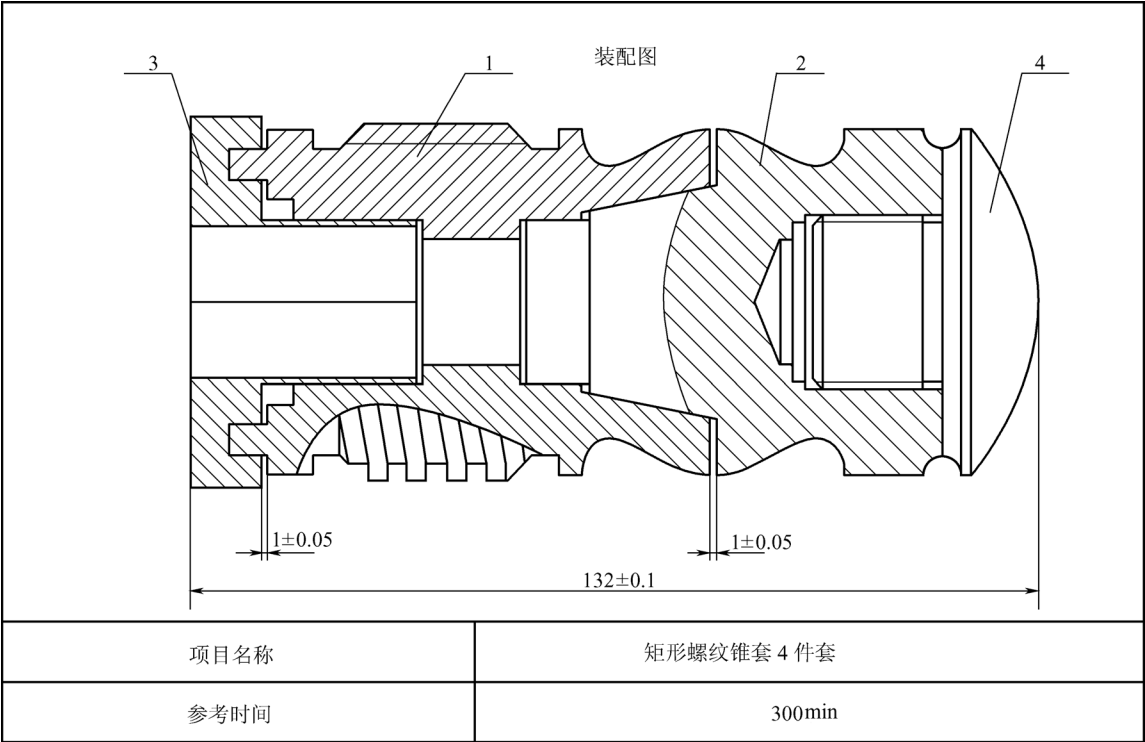


图5-8 项目6 装配图

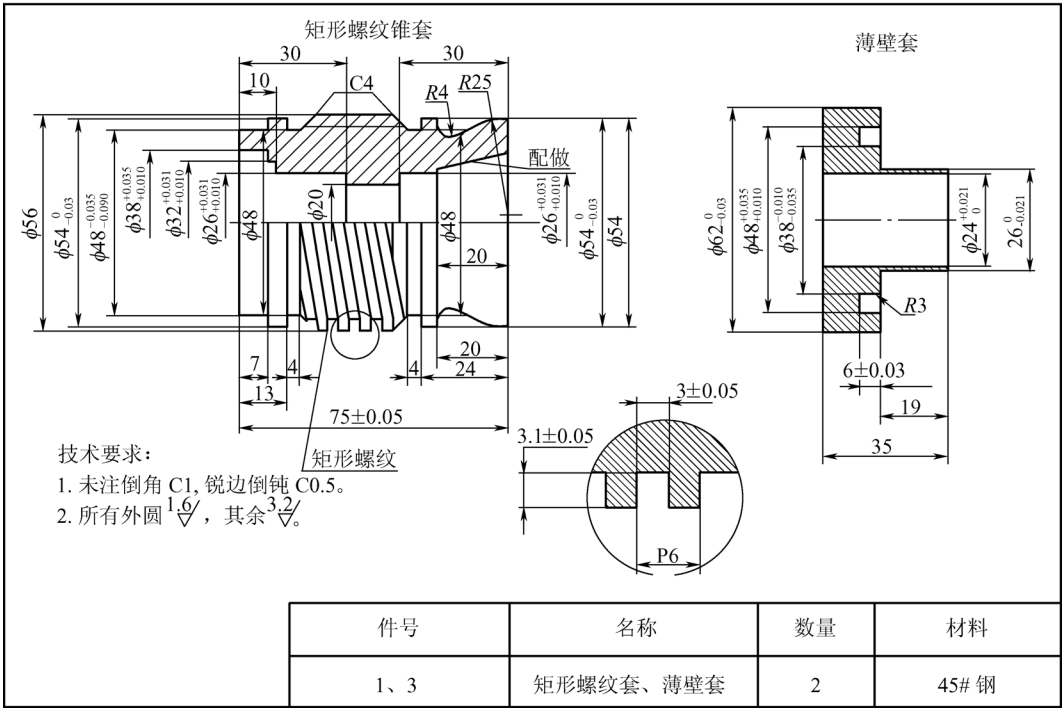


图5-9 项目6 (件1、件3)

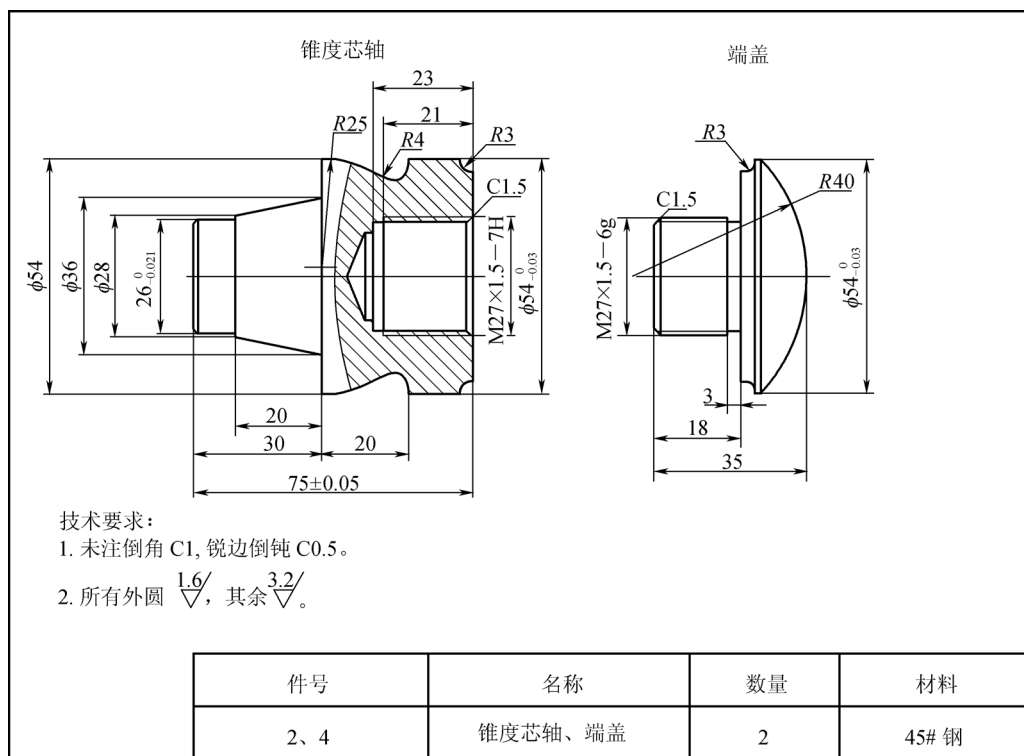


图 5-10 项目 6 (件 2、件 4)

项目 7 特形轴套 3 件套如图 5-11、图 5-12、图 5-13 和图 5-14 所示。

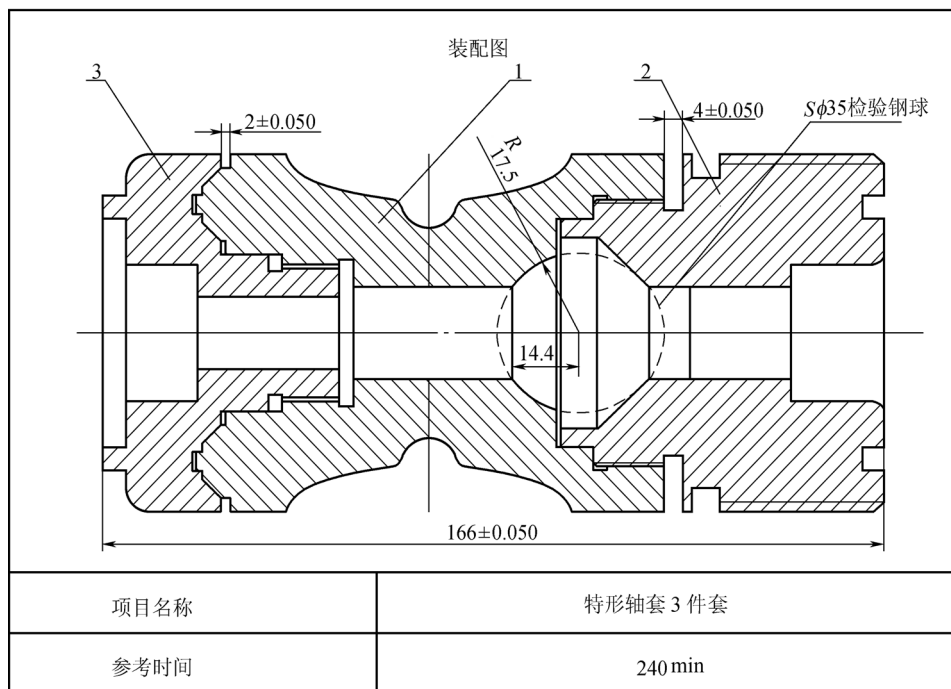


图 5-11 项目 7 装配图



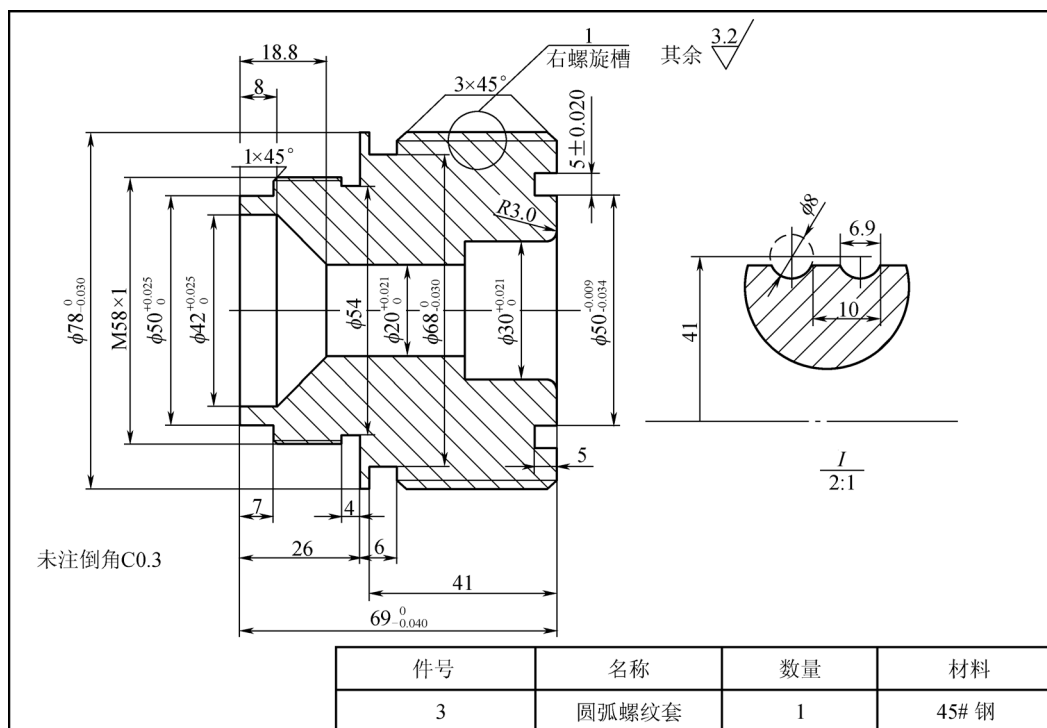


图 5-14 项目 7 (件 3)

项目 8 特形轴套 5 件套如图 5-15、图 5-16、图 5-17、图 5-18 和图 5-19 所示。

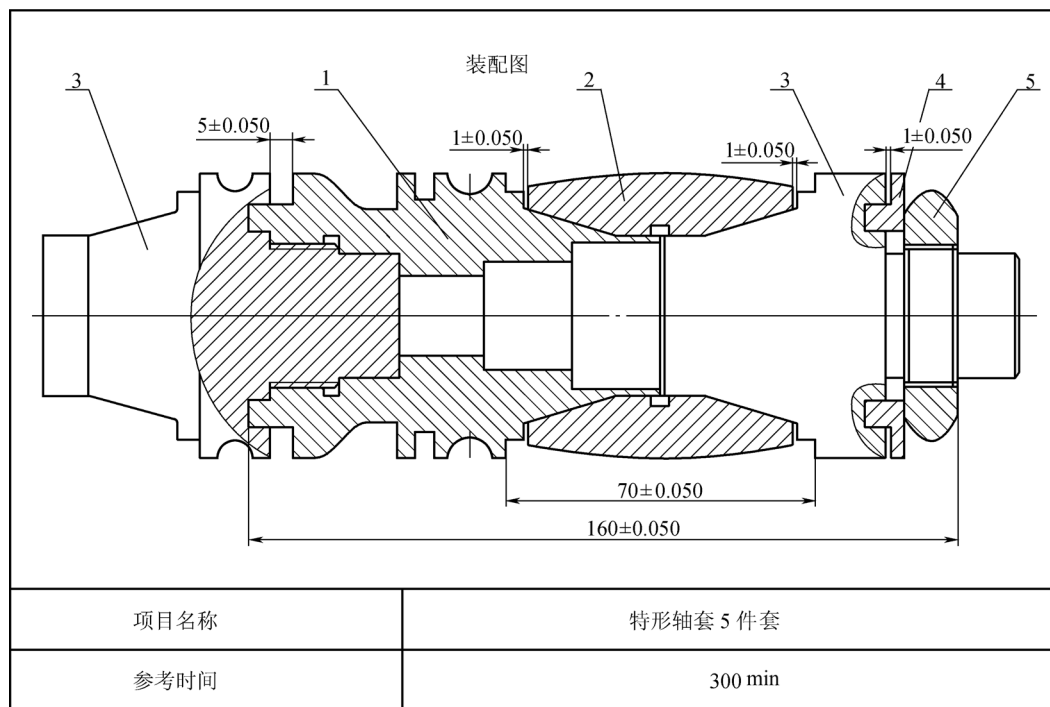


图 5-15 项目 8 装配图

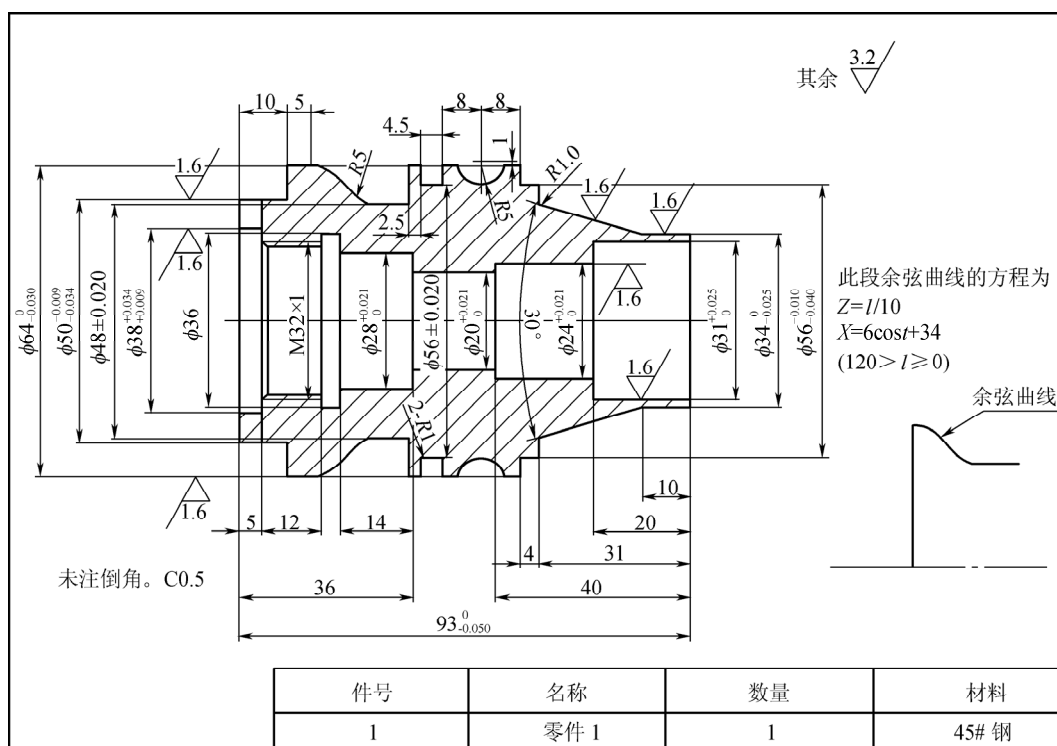


图 5-16 项目 8 (件 1)

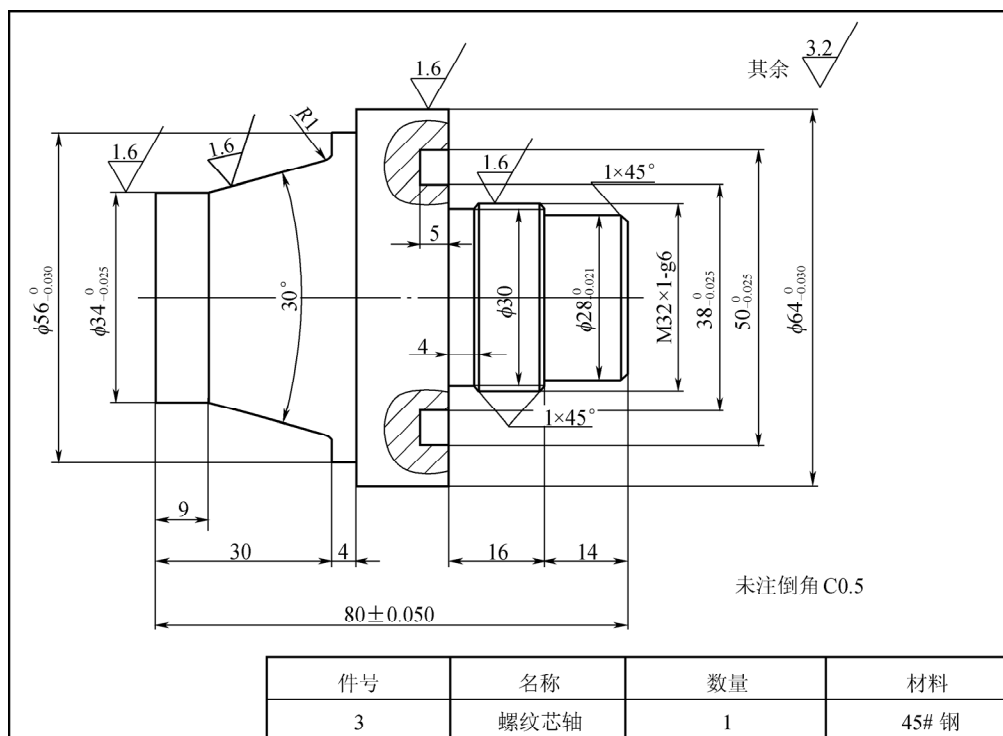


图 5-17 项目 8 (件 3)

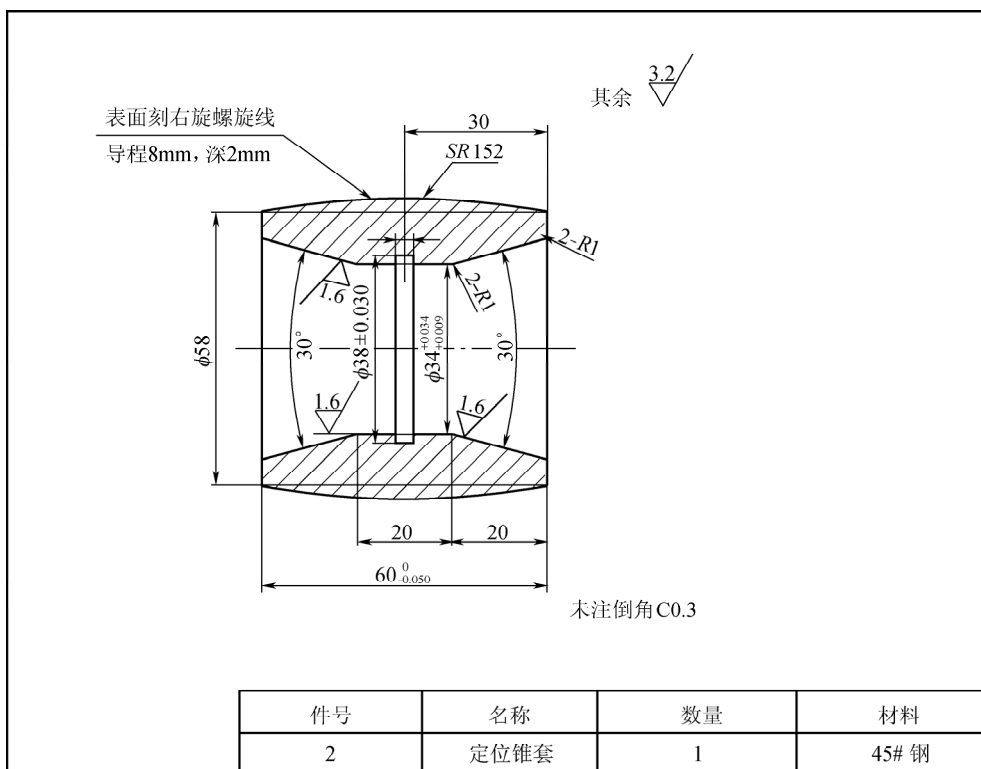


图 5-18 项目 8 (件 2)

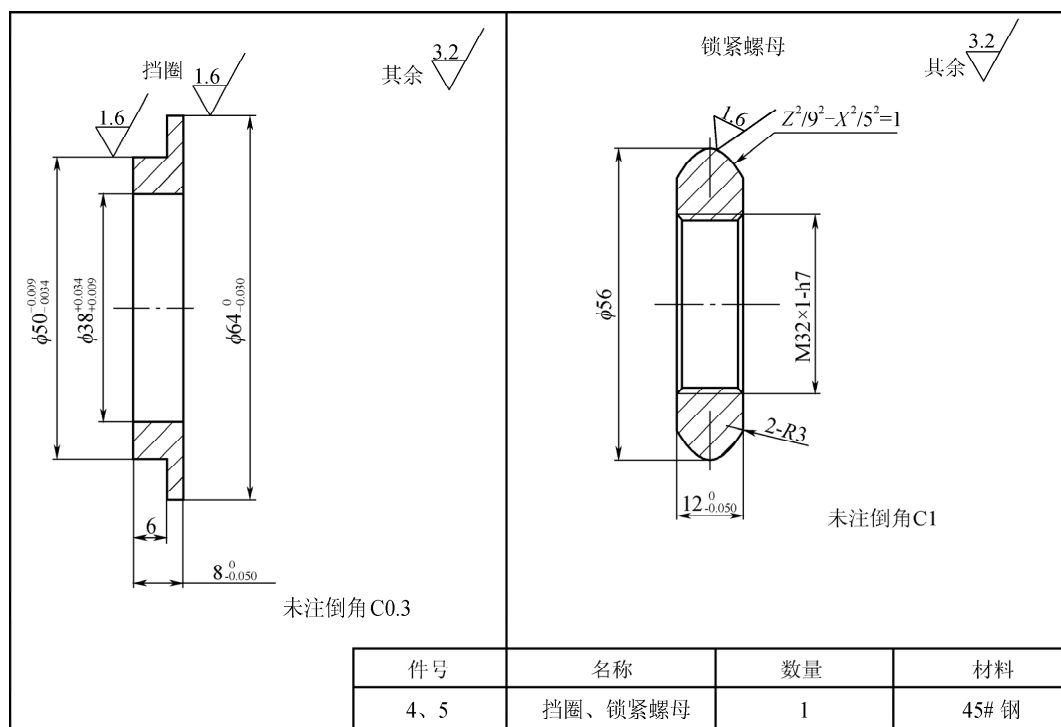


图 5-19 项目 8 (件 4、件 5)



项目9 BT40 弹簧夹头刀柄如图 5-20、图 5-21、图 5-22 和图 5-23 所示。

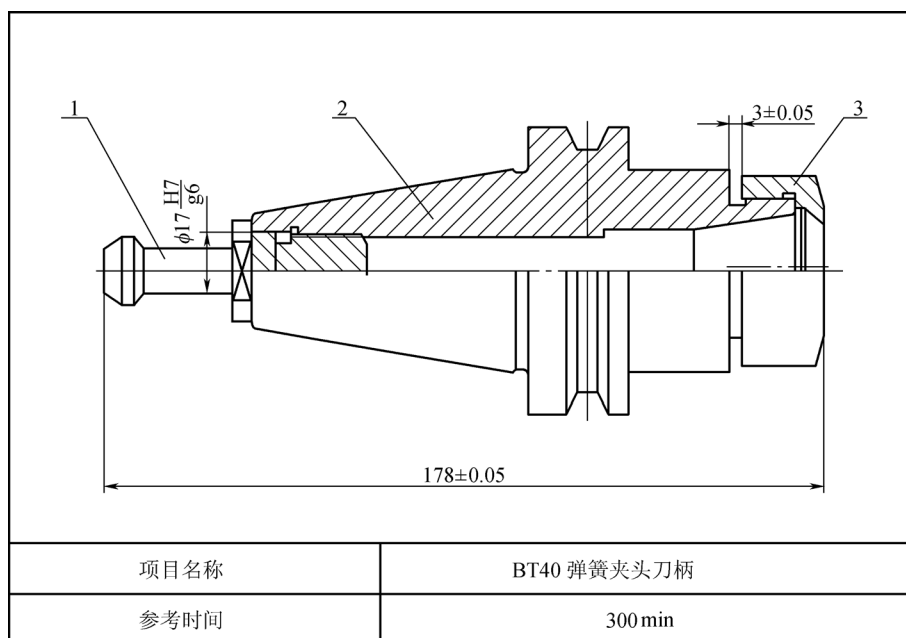


图 5-20 项目9 装配图

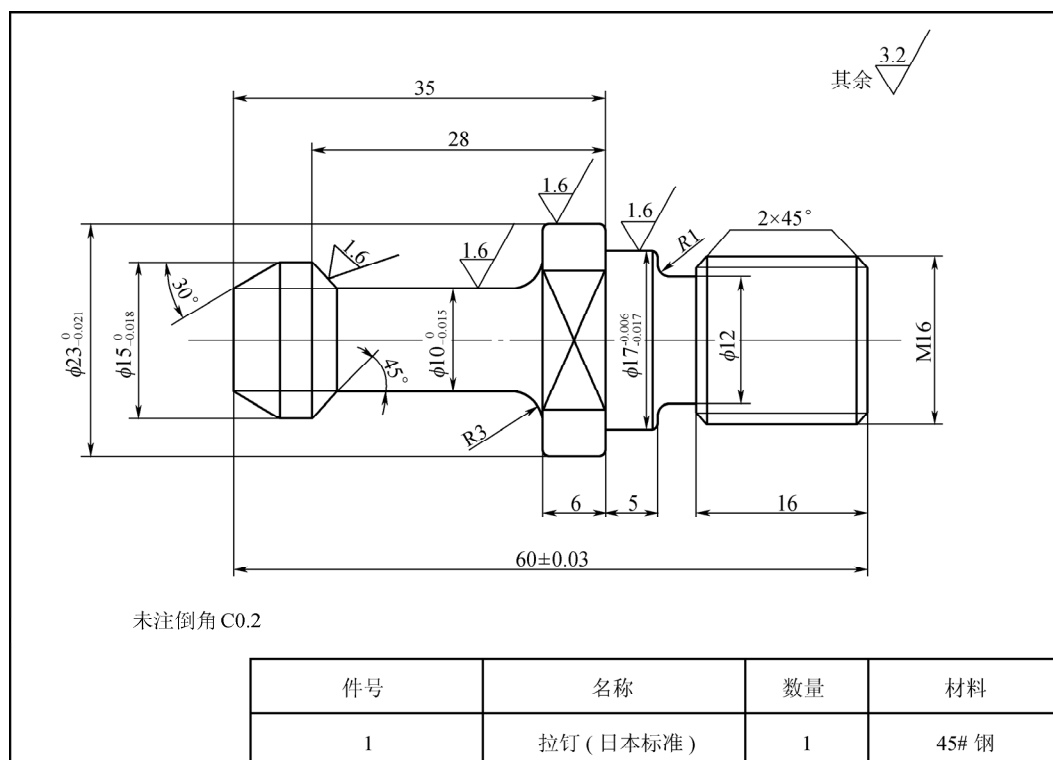


图 5-21 项目9 (件1)

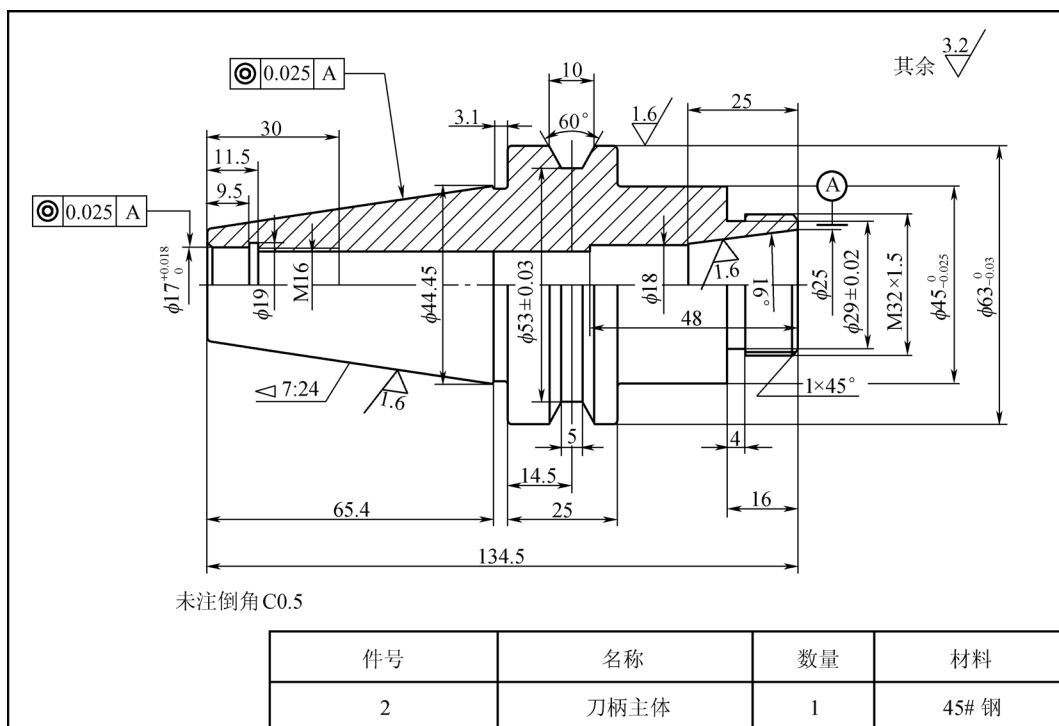


图 5-22 项目 9 (件 2)

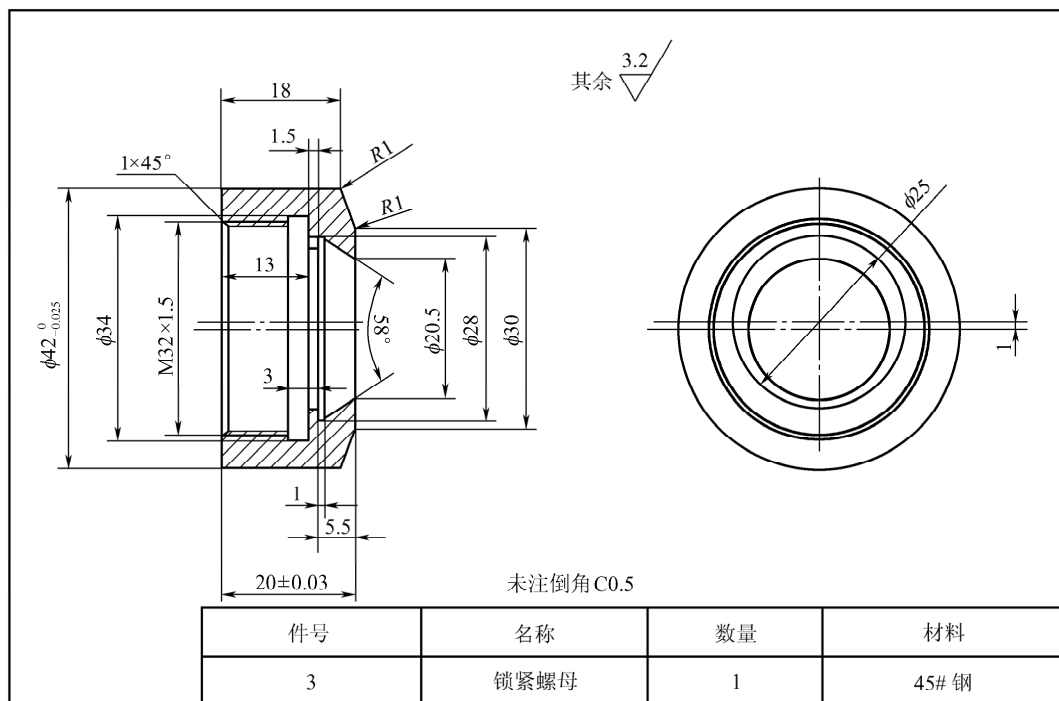


图 5-23 项目 9 (件 3)

附 录

附录 1

数控机床安全操作规程

数控机床是一种自动化程度高、结构复杂且昂贵的先进加工设备，与普通车床相比，它具有加工精度高、加工灵活、通用性强、生产效率高、质量稳定等特点，特别适合于加工多品种、小批量、形状复杂的零件，在企业生产中有着重要的地位。

数控机床操作者除了应掌握好数控机床的性能、精心操作外，还要管好、用好和维护好数控机床，养成文明生产的良好工作习惯和严谨的工作作风，具有良好的职业素质和高度的责任心，做到安全文明生产，严格遵守以下数控机床安全操作规程。

① 数控系统的编程、操作和维修人员必须经过专门的技术培训，熟悉所用数控机床的使用环境、条件和工作参数等，严格按机床和系统的使用说明书要求正确、合理地操作机床。

② 数控机床的使用环境要避免光的直接照射和其他热辐射，避免太潮湿或粉尘过多的场所，特别要避免有腐蚀气体的场所。

③ 为避免电源不稳定给电子元件造成损坏，数控机床应采取专线供电或增设稳压装置。

④ 数控机床的开机、关机顺序，一定要按照机床说明书的规定操作。

⑤ 主轴起动开始切削之前一定要关好防护罩门，程序正常运行中严禁开启防护罩门。

⑥ 在每次电源接通后，必须先完成各轴的返回参考点操作，然后再进入其他运行方式，以确保各轴坐标的正确性。

⑦ 机床在正常运行时不允许打开电气柜的门。

⑧ 加工程序必须经过严格检验方可进行操作运行。

⑨ 手动对刀时，应注意选择合适的进给速度；手动换刀时，刀架距工件要有足够的转位距离，避免发生碰撞。

⑩ 加工过程中，如出现异常情况，可按下“急停”按钮，以确保人身和设备的安全。

⑪ 机床发生事故，操作者要注意保留现场，并向维修人员如实说明事故发生前后的情况，以利于分析问题，查找事故原因。

⑫ 数控机床的使用一定要有专人负责，严禁其他人员随意动用机床。

⑬ 要认真填写数控机床的工作日志，做好交接工件，消除事故隐患。

⑭ 不得随意更改数控系统内部制造商设定的参数，并及时做好备份。

⑮ 要经常润滑机床导轨，防止导轨生锈，并做好机床的清洁、保养工作。



附录 2

数控车床中级操作工国家职业技能鉴定标准

一、基本要求

(一) 职业道德

1. 职业道德基本知识
2. 职业守则
 - (1) 遵守国家法律、法规和有关规定
 - (2) 具有高度的责任心, 爱岗敬业、团结合作
 - (3) 严格执行相关标准、工作程序与规范、工艺文件和安全操作规程
 - (4) 学习新知识、新技能, 勇于开拓和创新
 - (5) 爱护设备、系统及工具、夹具、量具
 - (6) 着装整洁, 符合规定, 保持工作环境清洁有序, 文明生产

(二) 基础知识

1. 基础理论知识
 - (1) 识图知识
 - (2) 常用金属材料及热处理知识
 - (3) 公差与配合知识
 - (4) 计算机基础知识
 - (5) 专业英语基础
2. 机械加工基础知识
 - (1) 机械原理
 - (2) 常用设备知识 (分类、用途)
 - (3) 常用金属切削刀具知识
 - (4) 典型零件 (轴类、套类等) 的加工工艺
 - (5) 设备润滑和切削液的使用方法
 - (6) 工具、夹具、量具的使用与维护知识
 - (7) 普通车床、钳工基本操作知识
3. 电器知识
 - (1) 通用设备常用的种类及用途
 - (2) 安全用电知识
4. 安全文明生产与环境保护知识
 - (1) 安全操作与劳动保护知识
 - (2) 现场文明生产要求
 - (3) 环境保护知识
5. 质量管理知识
 - (1) 企业的质量方针
 - (2) 岗位质量要求
 - (3) 岗位质量保证措施与责任



6. 相关法律、法规知识

(1) 《劳动法》相关知识

(2) 《合同法》相关知识

二、工作要求

数控车床中级操作工的工作要求见表1。

表1 数控车床中级操作工的工作要求

职业能力	工作内容	技能要求	相关知识
加工准备	读图与绘图	1. 能读懂中等复杂程度（如曲轴）的零件图 2. 能绘制简单的轴、盘类零件图 3. 能读懂进给机构、主轴系统的装配图	1. 复杂零件的表达方法 2. 简单零件图的画法 3. 零件三视图、局部视图和剖视图的画法 4. 装配图的画法
	制定加工工艺	1. 能读懂复杂零件的数控车床加工工艺文件 2. 能编制简单（轴、盘）零件的数控加工工艺文件	数控车床加工工艺文件的制定
	零件定位与装夹	能使用通用卡具（如三爪卡盘、四爪卡盘）进行零件装夹与定位	1. 数控车床常用夹具的使用方法 2. 零件定位、装夹的原理和方法
	刀具准备	1. 能够根据数控加工工艺文件选择、安装和调整数控车床常用刀具 2. 能够刃磨常用车削刀具	1. 金属切削与刀具磨损知识 2. 数控车床常用刀具的种类、结构和特点 3. 数控车床、零件材料、加工精度和工作效率对刀具的要求
数控编程	手工编程	1. 能编制由直线、圆弧组成的二维轮廓数控加工程序 2. 能编制螺纹加工程序 3. 能够运用固定循环、子程序进行零件的加工程序编制	1. 数控编程知识 2. 直线插补和圆弧插补的原理 3. 坐标点的计算方法
	计算机辅助编程	1. 能够使用计算机绘图设计软件绘制简单（轴、盘、套）零件图 2. 能够利用计算机绘图软件计算节点	计算机绘图软件（二维）的使用方法



续表

职业能力	工作内容	技能要求	相关知识
数控车床操作	操作面板	1. 能够按照操作规程启动及停止机床 2. 能使用操作面板上的常用功能键（如回零、手动、MDI、修调等）	1. 熟悉数控车床操作说明书 2. 数控车床操作面板的使用方法
	程序输入与编辑	1. 能够通过各种途径（如 DNC、网络等）输入加工程序 2. 能够通过操作面板编辑加工程序	1. 数控加工程序的输入方法和编辑方法 2. 网络知识
	对刀	1. 能进行对刀并确定相关坐标系 2. 能设置刀具参数	1. 对刀的方法 2. 坐标系的知识 3. 刀具偏置补偿、半径补偿与刀具参数的输入方法
	程序调试与运行	能够对程序进行校验、单步执行、空运行并完成零件试切	程序调试的方法
零件加工	轮廓加工	1. 能进行轴、套类零件加工，并达到以下要求 (1) 尺寸公差等级：IT6 (2) 形位公差等级：IT8 (3) 表面粗糙度：Ra1.6 μ m 2. 能进行盘类、支架类零件加工，并达到以下要求 (1) 轴径公差等级：IT6 (2) 孔径公差等级：IT7 (3) 形位公差等级：IT8 (4) 表面粗糙度：Ra1.6 μ m	1. 内外径的车削加工方法、测量方法 2. 形位公差的测量方法 3. 表面粗糙度的测量方法
	螺纹加工	能进行单线等节距的普通三角螺纹、锥螺纹的加工，并达到以下要求 (1) 尺寸公差等级：IT6 ~ IT7 (2) 形位公差等级：IT8 (3) 表面粗糙度：Ra1.6 μ m	1. 常用螺纹的车削加工方法 2. 螺纹加工中的参数计算
	槽类加工	能进行内径槽、外径槽和端面槽的加工，并达到以下要求 (1) 尺寸公差等级：IT8 (2) 形位公差等级：IT8 (3) 表面粗糙度：Ra3.2 μ m	内、外径槽和端槽的加工方法
	孔加工	能进行孔加工，并达到以下要求 (1) 尺寸公差等级：IT7 (2) 形位公差等级：IT8 (3) 表面粗糙度：Ra3.2 μ m	孔的加工方法
	零件精度检验	能够进行零件的长度、内外径、螺纹、角度精度检验	1. 通用量具的使用方法 2. 零件精度检验及测量方法



续表

职业能力	工作内容	技能要求	相关知识
数控车床维护与精度检验	数控车床日常维护	能够根据说明书完成数控车床的定期及不定期维护保养,包括机械、电、气、液压、数控系统检查和日常保养等	1. 数控车床说明书 2. 数控车床日常保养方法 3. 数控车床操作规程 4. 数控系统(进口与国产数控系统)使用说明书
	数控车床故障诊断	1. 能读懂数控系统的报警信息 2. 能发现数控车床的一般故障	1. 数控系统的报警信息 2. 机床的故障诊断方法
	机床精度检查	能够检查数控车床的常规几何精度	数控车床常规几何精度的检查方法



附录 3

数控车切削用量选择参考

硬质合金车刀切削外圆时切削速度选择参考见表 2，硬质合金车刀粗车时进给量选择参考见表 3，硬质合金车刀车内孔时刀具常用进给量参考见表 4。

表 2 硬质合金车刀切削外圆时切削速度选择参考表

工件材料	背吃刀量 (mm)			
	0.13 ~ 0.38	0.38 ~ 2.4	2.4 ~ 4.7	4.7 ~ 9.5
	进给量 (mm/r)			
	0.05 ~ 0.13	0.13 ~ 0.38	0.38 ~ 0.46	0.76 ~ 1.3
	切削速度 (mm/min)			
低碳钢	215 ~ 365	165 ~ 215	135 ~ 185	90 ~ 120
中碳钢	130 ~ 165	100 ~ 130	75 ~ 100	55 ~ 75
灰铸铁	135 ~ 185	105 ~ 135	75 ~ 105	60 ~ 75

表 3 硬质合金车刀粗车时进给量选择参考表

工件材料	刀杆尺寸 (mm)	工件直径 (mm)	背吃刀量 (mm)			
			3	5	8	12
			进给量 (mm/r)			
碳素结构钢 和合金结构钢	20 × 20	20	0.3 ~ 0.4	—	—	—
		40	0.4 ~ 0.5	0.3 ~ 0.4	—	—
		60	0.5 ~ 0.7	0.4 ~ 0.6	0.3 ~ 0.5	—
		100	0.6 ~ 0.9	0.5 ~ 0.7	0.5 ~ 0.6	0.4 ~ 0.5
铸铁	20 × 20	40	0.4 ~ 0.5	—	—	—
		60	0.6 ~ 0.8	0.5 ~ 0.8	0.4 ~ 0.6	—
		100	0.9 ~ 1.3	0.7 ~ 1.0	0.6 ~ 0.8	0.5 ~ 0.7

表 4 硬质合金车刀车内孔时刀具常用进给量参考表

车刀或刀杆		加 工 材 料					
圆形车刀 直径（mm）	车刀伸出 长度（mm）	钢 与 铸 钢			铸 铁		
		背吃刀量（mm）					
		1	2	3	1	2	3
		进给量（mm/r）					
12	60	0. 1	0. 1	0. 08	0. 4	0. 5	0. 5
16	80	0. 1 ~ 0. 2	0. 15	0. 1	0. 6	0. 6	0. 7
20	100	0. 15 ~ 0. 3	0. 15 ~ 0. 25	0. 12	0. 6	0. 6	0. 7
25	125	0. 25 ~ 0. 5	0. 15 ~ 0. 4	0. 12 ~ 0. 3	0. 7	0. 8	0. 8



附录 4

数学处理常用计算公式

数学处理常用三角函数计算公式见表 5。

表 5 数学处理常用三角函数计算公式

特 点	函数及定理	公 式	图 形
直角三角形	正弦函数	$\sin\theta = a/c$	
	余弦函数	$\cos\theta = b/c$	
	正切函数	$\tan\theta = a/b$	
		$\tan\theta = \sin\theta / \cos\theta$	
	勾股定理	$c^2 = a^2 + b^2$	
任意三角形	正弦定理	$a/\sin A = b/\sin B = c/\sin C = 2R$ 注: R 为外接圆半径	
	余弦定理	$a^2 = b^2 + c^2 - 2bccosA$ $b^2 = a^2 + c^2 - 2accosB$ $c^2 = a^2 + b^2 - 2abcosC$	



附录 5

常见二次曲线

常见二次曲线见表 6。

表 6 常见二次曲线

曲线名称	标准方程	参数方程	备 注
圆	$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$	$x = r\cos\theta$ $y = r\sin\theta$	圆心坐标 (a, b) r : 圆半径
椭圆	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 (a > b > 0)$	$x = a\cos\theta$ $y = b\sin\theta$	a : 长半轴 b : 短半轴
双曲线	$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$	$x = a/\cos\theta$ $y = b\sin\theta/\cos\theta$	a : 双曲线实半轴 b : 双曲线虚半轴
抛物线标准方程	$y^2 = 2px (p > 0)$	$x = 2pt^2$ $y = 2pt$	焦点坐标 $(\frac{p}{2}, 0)$
正弦曲线	$y = A \cdot \sin(\omega t + a)$	$y = A \cdot \sin\theta$ $x = B \cdot \theta (0 < \theta < 360)$	A : 幅值 ω : 角频率
正切曲线	$y = \tan x (0 < x < 90)$	$y = A \cdot \tan\theta$ $x = B \cdot \theta (0 < \theta < 90)$	a : 初相位角 t : 自变量



● 中等职业技术学校规划教材

机械制图 (主编 莫新鉴 闭克辉)

机械制图习题集 (主编 莫新鉴 李清文)

机械基础 (主编 林振琨 雷凤琼 主审 杨胜卫)

机械加工与实训 (主编 曾益民 蓝日采)

数控机床原理与维护 (主编 黄荣亿 梁家生)

数控车编程与实训教程 (主编 林秀朋 李健龙)

数控铣编程与实训教程 (主编 兰松云 周宝誉)

CAD/CAM软件应用实训教程——Mastercam X3 (主编 张挺)

CAD/CAM软件应用实训教程——Pro/ENGINEER (主编 徐红艳 廖雪梅)

电气控制技术基础 (主编 伦洪山 柯坚)

策划编辑: 白楠



责任编辑: 白楠

封面设计: 一克米工作室



本书贴有激光防伪标志, 凡没有防伪标志者, 属盗版图书。

ISBN 978-7-121-10854-9



定价: 元